

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

К. Б. СОРОКІНА, С. Б. КОЗЛОВСЬКА

ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ

Рекомендовано

*Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України як
навчальний посібник для студентів спеціальностей «Раціональне
використання і охорона водних ресурсів» і «Водопостачання та
водовідведення» вищих навчальних закладів*

Харків
ХНАМГ
2012

УДК 628.336.002.8(075)
ББК 38.761.2я73-6
С65

Автори:

Сорокіна К. Б., канд. техн. наук, доцент кафедри Водопостачання, водовідведення та очищення вод Харківської національної академії міського господарства;

Козловська С. Б., канд. техн. наук, старший науковий співробітник, начальник проектно-конструкторського відділу ТОВ «УкркоммунНДІпрогрес».

Рецензенти:

Епоян С. М., докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри водопостачання, каналізації і гідравліки Харківського національного університету будівництва та архітектури;

Гіроль М. М., докт. техн. наук, професор, проректор з наукової роботи Національного університету водного господарства та природокористування;

Кочетов Г. М., докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри хімії Київського національного університету будівництва та архітектури.

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів
(лист № 1/11-2280 від 20.02.2012 р.)*

Сорокіна К. Б.

С65 Технологія переробки та утилізації осадів: навч. посібник /
К. Б. Сорокіна, С. Б. Козловська; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. –
Х.: ХНАМГ, 2012. – 226 с.

ISBN 978-966-695-250-2

У навчальному посібнику приведена характеристика осадів, технологічні схеми й методи обробки осадів, розглянуті процеси та апарати для ущільнення, стабілізації, кондиціонування, механічного зневоднення, знезараження, підсушування та ліквідації осадів. Проаналізовано можливі шляхи утилізації осадів та біогазу. Цей посібник призначений для студентів, які навчаються за спеціальностями «Раціональне використання і охорона водних ресурсів» та «Водопостачання та водовідведення», а також для студентів інших спеціальностей, викладачів, аспірантів, науковців та фахівців, діяльність яких пов'язана з питаннями очищення стічних вод, обробки та утилізації утворюваних осадів.

УДК 628.336.002.8(075)
ББК 38.761.2я73-6

ISBN 978-966-695-250-2

© Сорокіна К. Б.,
Козловська С. Б., 2012
© ХНАМГ, 2012

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД	7
Тема 1. ВИДИ, СКЛАД І ВЛАСТИВОСТІ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД.....	7
1.1. Види осадів стічних вод, їх загальна характеристика.....	7
1.2. Склад і властивості осадів.....	10
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД	21
Тема 2. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД.....	21
Тема 3. УЩІЛЬНЕННЯ І ЗГУЩЕННЯ ОСАДІВ.....	30
Тема 4. СТАБІЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ.....	41
4.1. Аеробна стабілізація.....	41
4.2. Анаеробне зброджування.....	44
4.3. Аеробно-анаеробні та анаеробно-аеробні процеси стабілізації.....	69
Тема 5. КОНДИЦІОНУВАННЯ ОСАДІВ.....	77
Тема 6. МЕТОДИ ЗНЕВОДНЕННЯ ОСАДІВ.....	89
6.1. Природне зневоднення осаду.....	89
6.2. Механічне зневоднення осаду.....	93
Тема 7. ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ОСАДІВ.....	118
Тема 8. ТЕРМІЧНА СУШКА ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД.....	127
Тема 9. ЛІКВІДАЦІЯ ОСАДІВ.....	137
Тема 10. ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ОБРОБКИ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД.....	156
РОЗДІЛ 3. УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ТА БІОГАЗУ, УТВОРЮВАНОВОГО ПРИ АНАЕРОБНОМУ ЗБРОДЖУВАННІ ОСАДІВ	175
Тема 11. НАПРЯМИ УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ТА БІОГАЗУ.....	175
11.1. Напрями утилізації осадів стічних вод.....	175

11.2. Напрями утилізації біогазу.....	185
11.3. Технологічні схеми утилізації біогазу.....	191
РОЗДІЛ 4. ОБРОБКА ОСАДІВ ВОДОПРОВІДНИХ ОЧИСНИХ СТАНЦІЙ.....	199
Тема 12. ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ОСАДІВ ОЧИСНИХ ВОДОПРОВІДНИХ СТАНЦІЙ.....	199
12.1. Класифікація джерел водопостачання за характером осадоутворення.....	200
12.2. Технологія обробки осадів.....	206
12.3. Утилізація осадів.....	212
РЕКОМЕНДОВАНИЙ СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	220
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	225

ВСТУП

У всі часи поселення людей і розміщення промислових об'єктів реалізувалися в безпосередній близькості від прісних водоймищ, використовуваних для питних, гігієнічних, сільськогосподарських і виробничих цілей. В процесі використання води людиною вона змінювала свої природні властивості та у ряді випадків ставала небезпечною в санітарному відношенні.

При використанні в побуті й промисловості вода забруднюється речовинами мінерального і органічного походження. Таку воду прийнято називати стічною водою. Залежно від походження стічних вод вони можуть містити токсичні речовини і збудники різних інфекційних захворювань. Водогосподарські системи міст і промислових підприємств оснащені сучасними комплексами самотечійних і напірних трубопроводів та інших спеціальних споруд, які реалізують відведення, очищення, знешкодження і використання води і утворюваних осадів. Такі комплекси називають водовідвідною системою.

Будівництво водовідвідних систем обумовлюється необхідністю забезпечення нормальних житлово-побутових умов населення міст і населених пунктів і підтримки відповідного стану навколишнього природного середовища.

Сьогодні для багатьох міст, населених пунктів і промислових підприємств дуже гострою є проблема обробки та утилізації осадів, які утворюються при очищенні води. Часто осади в необробленому вигляді протягом десятків років зливалися на переобтяжені мулові площадки, у відвали, хвостосховища, кар'єри, що привело до порушення екологічної безпеки й умов життя населення.

На сьогоднішній день на більшості станцій очищення стічних вод утворюється величезна кількість частково зневодненого й недостатньо стабілізованого осаду. Обробку осадів стічних вод необхідно проводити з метою максимального зменшення їх об'ємів і підготовки до подальшого розміщення, використання або утилізації при забезпеченні підтримки санітарного стану навколишнього середовища або відновлення її сприятливого стану.

У розвитку методів обробки осадів можна виділити декілька етапів. Перша половина ХХ століття характеризувалася в основному застосуванням анаеробного зброджування, спочатку в емшерах і двоярусних відстійниках, а потім в метантенках, що обігріваються, з подальшим природним зневодненням і підсушенням на мулових площадках. Замість мулових площадок на каналізаційних очисних спорудах крупних міст все частіше почали застосовувати методи механічного зневоднення на вакуум-фільтрах з попереднім кондиціонуванням осадів неорганічними реагентами. Достатньо тривала практика експлуатації цих апаратів дозволила виявити їх недоліки (складність, антисанітарні умови і висока вартість експлуатації, значна витрата реагентів – до 20% маси сухої речовини осаду, низька питома продуктивність). Прогресивнішими є технології зневоднення осадів на осаджувальних шнекових центрифугах, стрічкових, рамних і камерних фільтр-пресах. Для кондиціонування осадів почали використовувати органічні флокулянти.

Вирішенням проблеми зневоднення осадів стічних вод займаються вчені всього світу. Проводять нові дослідження, розробляють нові технології та устаткування.

У навчальному посібнику описані види та властивості осадів, утворюваних при очищенні стічних вод, розглянуті методи, устаткування та технологічні схеми, які можуть бути застосовані для переробки осадів; проаналізовано можливості утилізації осадів та біогазу; увагу приділено властивостям та методам переробки осадів водопровідних очисних споруд.

Розділ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД

Тема 1. ВИДИ, СКЛАД І ВЛАСТИВОСТІ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД

1.1. Види осадів стічних вод, їх загальна характеристика

Забруднення, що знаходилися в стічних водах у відносно розбавленому вигляді, при очищенні стічних вод затримують і концентрують, в результаті отримують осади стічних вод.

В осади стічних вод переходить значна частина забруднень, що поступають на очисну станцію. Якщо в цілому від одного жителя за добу поступає близько 120 г забруднень, то з цієї кількості приблизно 40 г осідає як осад первинних відстійників і 35 г як надлишковий мул. Таким чином, приблизно 75 г забруднень або 62,5% від загальної маси поступає на обробку у вигляді осаду. Раціональне й економічне вирішення проблеми ліквідації осадів полягає в максимальному використанні цінних речовин, що містяться в них, при мінімальних витратах на обробку.

Осади стічних вод, які скупчуються на очисних спорудах, є водними суспензіями, що виділяють із стічних вод в процесі їх механічного, біологічного або фізико-хімічного очищення, з об'ємною концентрацією полідисперсної твердої фази від 0,5 до 10%. Осади відносять до класу важкозневоднюваних полідисперсних суспензій. Як і у всіх суспензіях, волога в осадах стічних вод знаходиться в хімічному, фізико-хімічному та фізико-механічному зв'язку з твердими частинками, а також у вільному стані.

Залежно від умов формування і особливостей відділення розрізняють осади первинні та вторинні.

До *первинних осадів* відносять грубодисперсні домішки, які знаходяться в твердій фазі й виділені з води такими методами механічного очищення, як проціджування, седиментація, фільтрація, флотація, осадження у відцентровому полі. До *вторинних осадів* відносять домішки, що спочатку знаходяться у воді у вигляді колоїдів, молекул та іонів, але в процесах біологічного або фізико-хімічного очищення води або обробки первинних осадів утворюють тверду фазу. Загальна класифікація осадів приведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Класифікація осадів стічних вод

<i>Групи осадів</i>	<i>Типи осадів</i>	<i>Споруди й устаткування, що відділяють осади</i>
<i>Первинні осади</i>		
I	Осади грубі (крупні забруднення)	Решітки, сита
II	Осади важкі	Піскоуловлювачі
III	Осади плаваючі	Жироловки, відстійники
IV	Осади сирі, виділені із стічної води в результаті механічного очищення	Первинні відстійники, освітлювачі
<i>Вторинні осади</i>		
V	Осади сирі, виділені із стічної води після біологічного або фізико-хімічного очищення	Вторинні відстійники, флотатори
VI	Осади зброжені, що пройшли обробку в анаеробних перегнивачах, метантенках, і осади, стабілізовані в аеробних стабілізаторах	Септики, двоярусні відстійники, освітлювачі, перегнивачі, метантенки, аеробні стабілізатори
VII	Осади ущільнені, піддані згущуванню до межі текучості (до вологості 90-85%)	Ущільнювачі: гравітаційні, флотаційні, сепаратори
VIII	Осади зневоднені, піддані згущуванню до вологості 80-40%	Мулові площадки, вакуум-фільтри, центрифуги, фільтр-преси та ін.
IX	Осади сухі, піддані термічній сушці до вологості 5-40%	Сушарки: барабанні, вальцові, з киплячим шаром, із зустрічними струменями

На очисних спорудах промислових підприємств утворюються осади й шлами (мінерального походження) виробничих стічних вод. Кількість, вологість, щільність та хімічний склад осадів і шламів виробничих стічних вод коливаються в широких межах.

Склад осадів за розміром частинок відрізняє велика неоднорідність. Їх розміри коливаються від 10 мм і більше до частинок колоїдної та молекулярної дисперсності.

Відходи, утворювані в процесі очищення виробничих стічних вод на промислових підприємствах, до яких відносять і осади стічних вод, залежно від місця їх утворення, зовнішнього вигляду і консистенції підрозділяють на **чотири класи токсичності за ступенем небезпеки**:

- 1) надзвичайно небезпечні;

- 2) високо небезпечні;
- 3) помірно небезпечні;
- 4) малонебезпечні.

Дану класифікацію небезпеки хімічних речовин дають на основі їх ГДК в ґрунті за розрахунковим індексом токсичності.

За дією на навколишнє середовище також виділяють **чотири класи осадів**, які можна ідентифікувати з попередніми:

1. *Токсичні нестабільні органічні і мінеральні осади* найбільш небезпечні для навколишнього середовища, оскільки вони мають бінарну негативну дію на біосферу. Залежно від ступеня недосконалості виробничої технології як стічні води, так і їх осади можуть бути складнішими і бути сумішшю речовин різних класів. Обробка і особливо утилізація таких осадів зустрічає значні труднощі, оскільки складність технології розділення взаємозабруднених продуктів зростає із збільшенням числа різнорідних за походженням компонентів.

2. *Токсичні стабільні мінеральні осади*, тверду фазу яких або її частину відрізняє висока активність в біологічному відношенні (токсична) і те, що присутність цих речовин навіть в малих кількостях створює певну небезпеку для біологічних об'єктів навколишнього середовища.

3. *Інертні нестабільні органічні осади* відрізняє помірна токсичність промислових речовин; їх складають переважно органічні речовини, легко піддавані різним біохімічним перетворенням в біосфері, зазвичай гниттю.

4. *Інертні стабільні мінеральні осади* - це зволожена тверда фаза, що містить нетоксичні (інертні) мінеральні речовини, що є в санітарному відношенні стабільними внаслідок відсутності в них речовин, які слугують живильним матеріалом для гнильних мікроорганізмів. Ці осади представляють меншу небезпеку для навколишнього середовища зі всіх перерахованих.

Забруднення стічних вод можуть переходити в осад без зміни свого хімічного складу й структури (осад з решіток, з піскоуловлювачів, з первинних відстійників), і зі зміною складу та структури (надлишковий активний мул або надлишкова біоплівка, осади після реагентної обробки води та ін.).

Об'єм осадів, утворюваних в процесі очищення, залежно від прийнятої технологічної схеми складає 0,5-1% від об'єму стічної води.

Осади міських стічних вод мають великі об'єми, дуже високу вологість, неоднорідний склад і властивості, містять органічні речовини, які здатні швидко розкладатися й загнивати; крім того, осади заражені бактерійною, зокрема патогенною мікрофлорою та яйцями гельмінтів. Їх відносять до важкофільтрованих мулових суспензій.

1.2. Склад і властивості осадів

Елементарний склад сухої речовини осадів коливається в широких межах. Суха речовина сирих осадів має такий склад (% маси сухої речовини осаду): 35,4-87,8 С; 4,5-8,7 Н; 0,2-2,7 S; 1,8-8,0 N; 7,6-35,4 О; суха речовина активного мула містить, %: 44,0-75,8 С; 5,0-8,2 Н; 0,9-2,7 S; 3,3-9,8 N; 12,5-43,2 О. Осади містять сполуки кремнію, алюмінію, заліза, окислу кальцію, магнію, калія, натрію, цинку, хрому, нікелю та ін. (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Хімічний склад мінеральної частини осаду

Вміст, %	Тип осаду		
	З первинних відстійників	Активний мул	Зброджена суміш осаду первинних відстійників і активного мула
<i>SiO₂</i>	21,4 -55,9	17,6 -33,8	27,3 -35,7
<i>Al₂O₃</i>	0,3 -18,9	7,3 -26,9	8,7 - 9,3
<i>Fe₂O₃</i>	3,0 -13,9	7,2 -18,7	11,4 -13,6
<i>CaO</i>	11,8 -35,9	8,9 -16,7	12,5 -15,6
<i>MgO</i>	2,1 - 4,3	1,4 -11,4	1,5 - 3,6
<i>K₂O</i>	0,7 - 3,4	0,8 - 3,9	1,8 - 2,8
<i>Na₂O</i>	0,8 - 4,2	1,9 - 8,3	2,6 - 4,7
<i>SO₃</i>	1,8 - 7,5	1,5 - 6,8	3,0 - 7,2
<i>ZnO</i>	0,1 - 0,6	0,2 - 0,3	0,1 - 0,3
<i>CuO</i>	0,1 - 0,8	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3
<i>NiO</i>	0,2 - 2,9	0,2 - 3,4	0,2 - 1,0
<i>Cr₂O₃</i>	0,8 - 3,1	0 - 2,4	1,3 - 1,9

Примітка. Окрім приведених, осади стічних вод містять ряд інших сполук і мікроелементів.

Активна реакція середовища в осадах коливається в межах 6-8, температура 12-20°C.

Всі види осаду (окрім забруднень з решіток і осаду з піскоуловлювачів) містять 90-99% рідини, яка складається з вільної (60-65%) і зв'язаної (30-35%), а зв'язану воду, у свою чергу, розділяють на колоїдно-зв'язану (22-30%) і гігроскопічну (4-10%), або фізико-механічно зв'язану (капілярно).

Вільну воду відділяють від осаду простою фільтрацією або віджиманням.

Колоїдно-зв'язана вода пов'язана з твердими частинками й обволікає їх міцною оболонкою, що не дозволяє частинкам з'єднуватися в крупні агрегати. Видалити таку воду можна тільки вакуум-фільтрацією або фільтр-пресуванням після коагуляції їх хімічними реагентами.

Гігроскопічна вода – це волога, поглинена речовиною. Вона не видаляється навіть при термічній сушці.

Для обґрунтування технології переробки та утилізації осадів необхідні відомості про різні **властивості осадів**, серед яких:

- *щільність осаду* ρ , кг/м³ – це його маса m , кг, яку містить одиниця об'єму V , м³; знаходять за формулою

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ кг/м}^3; \quad (1.1)$$

- *концентрація твердої фази за об'ємом (об'ємна концентрація)* K_0 – відношення об'єму твердої фази V_T , м³, до вихідного об'єму аналізованої проби осаду V , м³. Визначають в долях одиниці за формулою

$$K_0 = \frac{V_T}{V}; \quad (1.2)$$

- *концентрація твердої фази за масою (масова концентрація)* K_M , яку характеризують відношенням маси твердої речовини M_T , кг, до вихідної маси відібраної проби осаду $M_{\text{вих}}$, кг; визначають в долях одиниці за формулою

$$K_M = \frac{M_T}{M_{\text{вих}}}; \quad (1.3)$$

- *питома концентрація маси твердої фази* C , кг/м³, яку визначають за формулою

$$C = \frac{M_T}{V} = \frac{\rho \cdot V_T}{V}, \text{ кг/м}^3; \quad (1.4)$$

- *вологість осаду* W в долях одиниці або в % характеризують відношенням маси рідини M_P , кг, до загальної маси вологого осаду M_{BO} , кг:

$$W = \frac{M_P}{M_{BO}}, \quad (1.5)$$

при цьому $M_{BO} = M_T + M_P$, кг, де M_T – маса сухої речовини осаду, кг;

Від вологості можна переходити до питомої концентрації і навпаки, використовуючи такі залежності:

$$W = \frac{\rho - C}{\rho} \cdot 100, \%; \quad C = \frac{100 - W}{100} \cdot \rho, \text{ кг/м}^3 \quad (1.6)$$

і визначати вологість за відомою питомою концентрацією;

- *зольність осаду* - характеризує вміст нелетких мінеральних домішок. При визначенні зольності в лабораторних умовах її можна розрахувати за формулою

$$Z = \frac{G_{ПР} - G_{П}}{G_B - G_{П}} \cdot 100, \%, \quad (1.7)$$

де $G_{ПР}$, $G_{П}$, G_B - маса тигля відповідно з прожареним осадом, порожнього і з навішуванням висушеного осаду, г;

- *гранулометричний склад твердої фази осадів*. Водовіддача осадів багато в чому залежить від розміру частинок їх твердої фази. Чим більше розміри частинок твердої фази, тим краще водовіддача суспензій. Для аналізу складу твердої фази органічних і органомінеральних осадів виконують мокрий ситовий аналіз, здійснюваний фракціонуванням осаду з додавкою чистої водопровідної води. За даними визначення будують графік залежності сумарного вмісту частинок в осаді від їх розміру, який має вигляд, представлений на рис. 1.1;
- *теплофізичні характеристики осадів* - теплоємність, температуропровідність і теплопровідність осадів визначають методом

двох температурно-часових точок на установці, яку використовують при дослідженнях теплоізоляційних матеріалів.

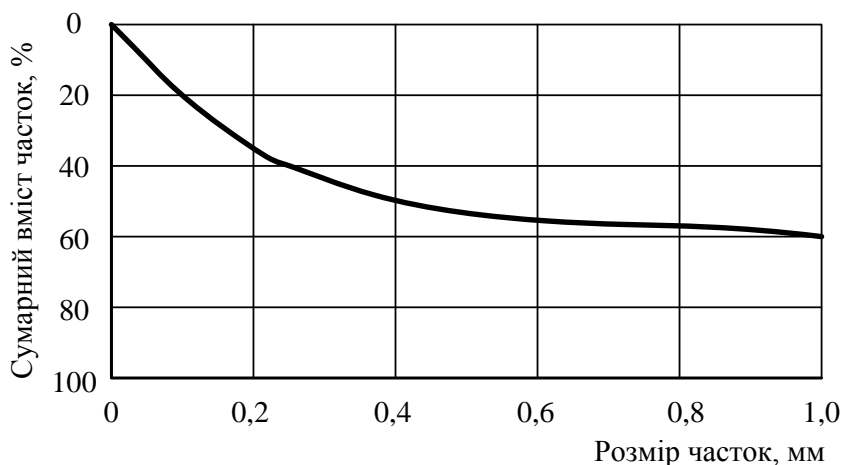


Рис. 1.1 - Залежність сумарного вмісту частинок в осаді від їх розміру

Теплоємність осадів (кількість теплоти, яку потрібно підвести до тіла, щоб підвищити його температуру на 1°C або 1 K) визначають за формулою

$$C = \frac{\lambda}{\alpha \cdot \rho}, \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}, \quad (1.8)$$

де λ - теплопровідність осадів, Вт/м·К;

α - температуропровідність осадів, $\text{м}^2/\text{с}$.

Температуропровідність осадів (величину, що характеризує швидкість вирівнювання температури) визначають за формулою

$$\alpha = \frac{b \cdot R^2}{2 \cdot K \cdot \theta}, \text{ м}^2/\text{с}, \quad (1.9)$$

а теплопровідність осадів (кількість енергії, яка переноситься від більш нагрітих ділянок тіла до менш нагрітих в результаті теплового руху і взаємодії мікрочасток) - за формулою

$$\lambda = b_E \cdot m \cdot \sqrt{\alpha}, \text{ Вт/м}\cdot\text{K}, \quad (1.10)$$

де b - швидкість зміни температури поверхні, град./с;

R - відстань між точками виміру температури, м;

K - коефіцієнт форми тепла, що становить для необмеженої пластини – 1, для куба – 2,26, для кулі – 3;

- θ - різниця між температурою поверхні та центру зразка в даний момент часу, град.;
- m - безрозмірний коефіцієнт, визначуваний залежно від отриманих даних за довідковими матеріалами;
- b_E - постійна приладу, відрізняється для різних еталонів, $\text{Вт} \cdot \text{с}^{0.5} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{К})$;
- *хімічний склад осадів* надає істотний вплив на їх водовіддачу. Так луги, сполуки заліза, алюмінію, хрому, міді сприяють інтенсифікації зневоднення осаду і знижують витрати хімічних реагентів на їх коагуляцію перед зневодненням, а масла, жири, азотисті сполуки, волокнисті речовини, навпаки, несприятливо впливають на процеси зневоднення осаду. Крім того, осад має величезну бактерійну забрудненість. В ньому є всі основні форми бактерійних забруднень (збудників шлункових, кишкових захворювань, яйця гельмінтів та ін.), що викликає небезпеку виникнення інфекцій;
 - *інші показники*, серед яких теплота згорання органічної маси осадів, електропровідність й електрокінетичні властивості осадів, питома поверхня, спікливість, вихід летких речовин, хімічне недопалення, паливні властивості осаду, кінетика сушки, здібність осадів до ущільнення у відцентровому полі та за допомогою фільтрації та ін.

Видалення з осаду тільки вільної води недостатньо для того, щоб осад придбав вологість, при якій його можна транспортувати на плоских поверхнях (менше 83%), і необхідно, як правило, видаляти ще до 30% колоїдно-зв'язаної води.

Об'єм осаду залежить від вмісту вологи, тому із зменшенням вологості осаду його об'єм різко зменшується за рахунок видалення мулової води. При видаленні з осаду вільної води зміна його об'єму V відбувається залежно від його концентрації C ; визначають її за формулою

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{C_1}{C_2} = \frac{V_1 \cdot (100 - W_1)}{100 - W_2}, \text{ м}^3, \quad (1.11)$$

де W_1, W_2 – вологість осаду до і після ущільнення, %;

V_1, V_2 – вихідний і кінцевий об'єм осаду, м^3 ;

C_1, C_2 – концентрація осаду до і після ущільнення, г/м^3 .

Кількість забруднень, що знімають з решіток, залежить від типу решіток і ширини прозорів. До складу крупних забруднень входять крупні

завислі та плаваючі речовини, переважно органічного походження. За даними експлуатації очисних станцій середній склад цих осадів в % включає: папір - 65, ганчір'я - 25, деревину, пластик - 4, інші забруднення - 6. Для решіток з шириною прозорів 16-20 мм в середньому вона складає 8 л/рік на 1 чол. [40]. Вологість забруднень, що знімають з решіток, складає 80%, їх об'ємна маса 750 кг/м^3 . Роздроблені забруднення, розбавлені водою в кількості 40 м^3 на 1 т, можуть бути спрямовані в стічну воду перед решітками, але частіше забруднення з решіток направляють на звалища. Переробка цих осадів може здійснюватися в метантенках, на піролізних установках разом з іншими осадами або їх спрямовують на компостування для отримання добрива разом із сміттям.

Осад, що затримують в піскоуловлювачах в кількості 0,02 л/доб. на 1 чол. [40], складають в основному мінеральні частинки. У їх склад зазвичай входять пісок, уламки окремих мінералів, цеглина, вугілля, бите скло і тому подібне. Такий осад має зольність від 70 до 90%, вологість близько 60%, об'ємну масу 1500 кг/м^3 . Далі цей осад прямує на піскові площадки або до накопичувачів.

Плаваючі домішки, кількість яких в середньому складає 2 л/рік на 1 чол. [40], мають при вологості 60% щільність $0,6 \text{ т/м}^3$. Допускається їх обробка спільно з осадам з первинних відстійників.

Сирий осад з первинних відстійників є драглистою суспензією сірого кольору з кислуватим запахом і відрізняється великою неоднорідністю складу, що обумовлене різноманітністю умов експлуатації очисних споруд і каналізованого об'єкту. В осаді знаходяться частинки з розмірами 5-10 мм і менше 1 мкм. Внаслідок великої кількості органічних речовин (до 60-70%) сирий осад швидко загниває і набуває темно-сірого або чорного кольору і видає неприємний кислий запах. Також осад може містити сполуки заліза, алюмінію, кремнію, кальцію, магнію, калія та ін.; токсичні й канцерогенні речовини, зокрема солі важких металів, ПАР та інші сполуки, залежно від наявності в господарчо-побутових стічних водах домішок виробничих стоків. Середня вологість осаду дорівнює 95% при самопливному видаленні та 93,8% при видаленні плунжерними насосами.

Кількість осаду з первинних відстійників залежить від ефекту освітлення стічних вод (Е), а кількість надлишкового активного мула визначають за формулою

$$P_i = 0,8 \cdot C_{cdp} + K_g \cdot L_{en}, \text{ мг/дм}^3, \quad (1.12)$$

де C_{cdp} - концентрація завислих речовин в стічних водах, що поступають в аеротенк, мг/дм³;

L_{en} - БПК стічної води, що поступає в аеротенк, мг/дм³;

K_g - коефіцієнт приросту активного мулу, $K_g = 0,3$.

Активний мул є суспензією, що містить аморфні пластівці; він включає аеробні бактерії та прості мікроорганізми з дрібними забрудненнями із стічних вод. Структура активного мула представляє пластівчасту масу бурого кольору. У свіжому вигляді активний мул майже не має запаху або пахне землею, але, загниваючи, видає специфічний гнильний запах. Розміри частинок активного мула не перевищують 3 мм, а основна маса частинок (98%) має розмір менше 1 мм. Надлишковий активний мул і надлишкову біоплівку складає в основному органічна речовина, кількість якої залежно від режиму роботи споруд коливається від 65% для аеротенків повного окислення до 75% для високонавантажуваних споруд. При зберіганні й ущільненні такий осад дуже швидко загниває. Вологість активного мула, вивантажуваного з вторинних відстійників після аеротенків, дорівнює 99,2-99,7%, а після біофільтрів - 96-96,5%. Після ущільнення у вертикальних відстійниках середня вологість дорівнює 98%, а в мулозгущувачах радіального типу - 97%.

Загальна кількість суміші осаду з первинних відстійників і ущільненого надлишкового активного мула орієнтовно складає 0,5-1% від об'єму очищуваних стічних вод.

Шлами, що затримують відстійники або інші споруди після фізико-хімічного очищення, виділяються в результаті локального очищення або доочистки промислових стічних вод із застосуванням реагентної обробки, фільтрування, електролізу, адсорбції, іонного обміну, зворотного осмосу, екстракції та інших методів.

Методи обробки, об'єми, склад і властивості осаду залежать від виду, кількості й складу очищуваних стічних вод (побутових, виробничих, дощових).

Як вказано вище (табл. 1.1), залежно від подальшої обробки осад може бути таких видів:

- ◆ згущений або ущільнений активний мул (у мулозгущувачах);
- ◆ зброджений в анаеробних умовах (у освітлювачах-перегнивачах, двоярусних відстійниках, метантенках);
- ◆ стабілізований в аеробних умовах (активний мул або його суміш з осадам з первинних відстійників);
- ◆ зневоднений на механічних апаратах;
- ◆ підсушений на мулових площадках;
- ◆ термічно висушений в різних сушарках.

Зброджений осад має одноріднішу структуру та є суспензією чорного або темно-сірого кольору. Вологість осаду, вивантажуваного з метантенков, залежить від співвідношення кількості осаду й активного мула за сухою речовиною та розпаду беззольної речовини і в середньому складає 97%. Тверду фазу осаду складають в основному органічні речовини, які швидко загнивають і виділяють неприємний запах; в той же час осад містить і цінні речовини - азот, фосфор, калій; важкі метали (хром, мідь, цинк та ін.) утрудняють утилізацію осаду.

Структура осаду, збродженого в метантенках, двоярусних відстійниках та інших спорудах анаеробного зброджування, дрібна і однорідна, колір - майже чорний або темно-сірий. Осади відрізняються високою текучістю, виділяють запах сургучу або асфальту. У метантенках розпад осадів супроводжується виділенням великої кількості газу - метану, дуже цінного для використання.

Ступінь розпаду органічної речовини при аеробній стабілізації значно менша, ніж при анаеробних процесах, але частина, що залишилася, достатньо стабільна. Після аеробної стабілізації осади ущільнюються у відстійниках за 5-15 год. до вологості 96-98%. При стабілізації бактерії колі гинуть на 95%, але яйця гельмінтів не зникають, тому осади після аеробної стабілізації потребують знезараження.

Важливим показником, що характеризує здібність осаду до водовіддачі, є *питомий опір осаду фільтрації*.

Питомий опір осаду фільтрації – опір одиниці маси твердої фази, що відкладається на одиниці площі фільтру при фільтруванні під постійним тиском суспензії, в'язкість рідкої фази якої дорівнює 1,0.

Згідно сучасній теорії фільтрування суспензій, питомий опір осаду, що характеризує опір фільтрації та фільтрованість (водовіддачу) осадів, визначають за формулою

$$r' = \frac{2 \cdot p \cdot F^2}{\eta \cdot C'} \cdot b, \text{ см/г}, \quad (1.13)$$

де p - тиск (вакуум), при якому відбувається фільтрування;

F - площа фільтруючої поверхні;

η - в'язкість фільтрату;

C' - маса твердої фази кека, що відкладається на фільтрі при отриманні одиниці об'єму фільтрату;

b - параметр, отримуваний дослідним шляхом:

$$b = \frac{\tau}{V^2}, \quad (1.14)$$

де τ - час фільтрації;

V - об'єм отриманого фільтрату.

Чим вище питомий опір, тим осад гірше фільтрується. Активний мул має значно більший опір фільтрації, ніж сирий осад, а зброджений осад ще вищий. Для зниження питомого опору фільтрації осад перед зневодненням піддають попередній обробці: промивці водою, обробці хімічними реагентами, заморожуванню з подальшим відтаванням, тепловій обробці.

Таким чином, найбільшу кількість важковидаляємої вологи містить ущільнений активний мул, а найменшу - осад первинних відстійників; зброджена суміш осадів займає проміжне положення між ними.

Неущільнений активний мул має кращу вологовіддачу порівняно з ущільненим, тому що при збільшенні концентрації активного мула (зменшенні вологості) частина вільної води переходить в колоїдно-зв'язану. Ущільнений активний мул містить також і найбільшу, порівняно з іншими видами осадів, кількість твердих частинок малого розміру. Дрібнодисперсні фракції твердої фази містять більшу кількість зв'язаної вологи, а крупніші частинки - меншу.

Розділ 2

ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД

Тема 2. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД

Сутність обробки осадів полягає в задоволенні наступних вимог:

а) осад не повинен містити джерел шкідливого впливу на навколишнє середовище;

б) осад не має містити джерел захворювань людей і тварин;

в) агрегатний стан твердих частинок осаду повинен відповідати способу та засобам його утилізації або ліквідації (у рідкому, згущеному або висушеному вигляді).

Основне завдання обробки осадів стічних вод полягає в отриманні кінцевого продукту, властивості якого забезпечували б можливість його утилізації, або звели до мінімуму збиток, що наноситься навколишньому середовищу, і проводиться з метою зменшення об'єму осаду і його знезараження.

Технологічні процеси обробки осадів стічних вод можна розділити на наступні **основні стадії**:

- ущільнення (згущення);
- стабілізація органічної частини;
- кондиціонування;
- зневоднення;
- термічна обробка;
- утилізація цінних продуктів;
- ліквідація осадів.

При ущільненні в середньому видаляють 60%, при механічному зневодненні 25%, при термічній сушці й спалюванні до 15% загальної кількості мулової води, що містить вихідний осад. При цьому масу оброблюваного осаду зменшують в середньому при ущільненні в 2,5 рази, при зневодненні в 12,5 раз, при сушці - на 60%, а при спалюванні - в 150 разів.

Технологічний цикл обробки осадів стічних вод, що включає всі види обробки, ліквідації й утилізації, представлений на рис. 2.1.

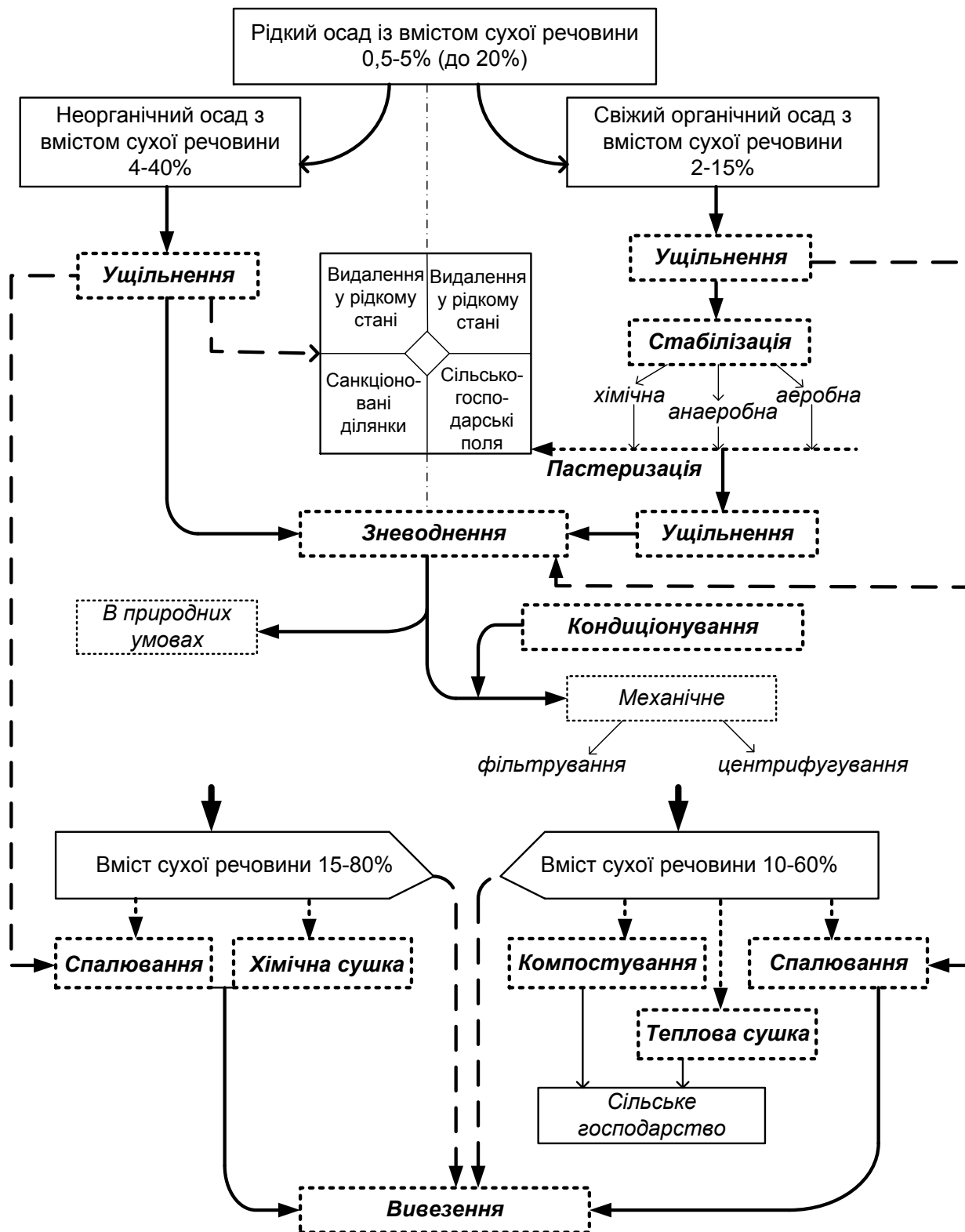


Рис. 2.1 – Технологічний цикл обробки осадів стічних вод

Ущільнення (згущення) осадів стічних вод є первинною стадією їх обробки та призначено для зменшення їх об'ємів. Найбільш поширені гравітаційний і флотаційний методи ущільнення. Гравітаційне ущільнення

здійснюють у відстійниках-ущільнювачах; флотацію – в установках напірної флотації. Застосовують також відцентрове ущільнення осадів в циклонах і центрифугах. Перспективи має вібраційне ущільнення шляхом фільтрування осаду стічних вод через фільтруючі перегородки або за допомогою занурених в осад вібраційних пристроїв.

Стабілізацію осадів використовують для руйнування біологічно розкладаної частини органічної речовини, що запобігає загниванню осадів при тривалому зберіганні на відкритому повітрі (сушка на мулових площадках, використання як сільськогосподарські добрива і тому подібне).

Стабілізацію або мінералізацію органічної речовини осаду здійснюють в анаеробних (метанове бродіння) або аеробних умовах. Для стабілізації осадів промислових стічних вод застосовують, в основному, аеробну стабілізацію – тривале аерування осадів в спорудах типу аеротенків, внаслідок чого відбувається розпад основної частини біологічно розкладаних речовин, схильних до гниття. Період аеробної стабілізації при температурі 20°C складає 8-11 діб, витрата кисню для стабілізації 1 кг органічної речовини мула – 0,7 кг. Зброджування осаду в метантенках в анаеробних умовах здійснюють в мезофільному (при $t=33^{\circ}\text{C}$) або термофільному (при $t=53^{\circ}\text{C}$) режимах, що визначається способом подальшої обробки осаду.

Кондиціонування осадів проводять для руйнування колоїдної структури осаду органічного походження та збільшення його водовіддачі при зневодненні. У промисловості застосовують в основному реагентний метод кондиціонування за допомогою хлорного заліза й вапна.

Зневоднення осадів стічних вод призначене для отримання шламу з об'ємною концентрацією полідисперсної твердої фази до 80%. До недавнього часу зневоднення здійснювали в основному сушкою осадів на мулових площадках. Проте низька ефективність такого процесу, дефіцит земельних ділянок в промислових районах і забруднення повітряного середовища зумовили розробку і застосування ефективніших методів зневоднення: вакуум-фільтрування, центрифугування, вібраційне фільтрування, термічну сушку.

Ліквідацію (деструкцію) осадів стічних вод застосовують в тих випадках, коли утилізація їх є неможливою або економічно недоцільною.

Вибір раціональної технологічної схеми обробки осаду є складним інженерно-економічним і екологічним завданням, але у будь-якому випадку технологічну схему будують на комбінації різних методів обробки осадів, оскільки технологічні схеми обробки осадів залежать від багатьох чинників: властивостей осадів, їх кількості, кліматичних умов, наявності земельних площ та ін.

У табл. 2.1 приведені можливості найбільш поширених методів обробки осадів, які слід розглядати як окремі процеси в схемі повної обробки осадів.

Таблиця 2.1 – Методи обробки осадів

<i>Метод</i>	<i>Результат обробки</i>		
	<i>зневоднення</i>	<i>стабілізація</i>	<i>знезараження</i>
Гравітаційне ущільнення	+	-	-
Флотація	+	-	-
Анаеробне зброджування:			
- мезофільне	-	+	-
- термофільне	-	+	+
Аеробна стабілізація	-	+	-
Компостування	-	+	+
Сушка на мулових площадках	+	-	-
Вакуум-фільтрація	+	-	-
Фільтр-пресування	+	-	-
Центрифугування	+	-	-
Теплова обробка	-	+	+
Термічна сушка	+	+	+
Спалювання	+	+	+

Як вказувалося раніше, виділяють чотири класи осадів за дією на навколишнє середовище. Технологічні операції, застосовувані для переробки різних за походженням та властивостями осадів, мають деякі відмінності. На рис. 2.2 – 2.5 представлені принципові схеми систем, застосовувані для обробки осадів різного походження, які вказують правильний розвиток технології залежно від кінцевої технологічної мети. Для кожного класу осадів рекомендовані ефективні процеси та апарати, які забезпечують економічно обгрунтовану комплексну технологію переробки осадів.

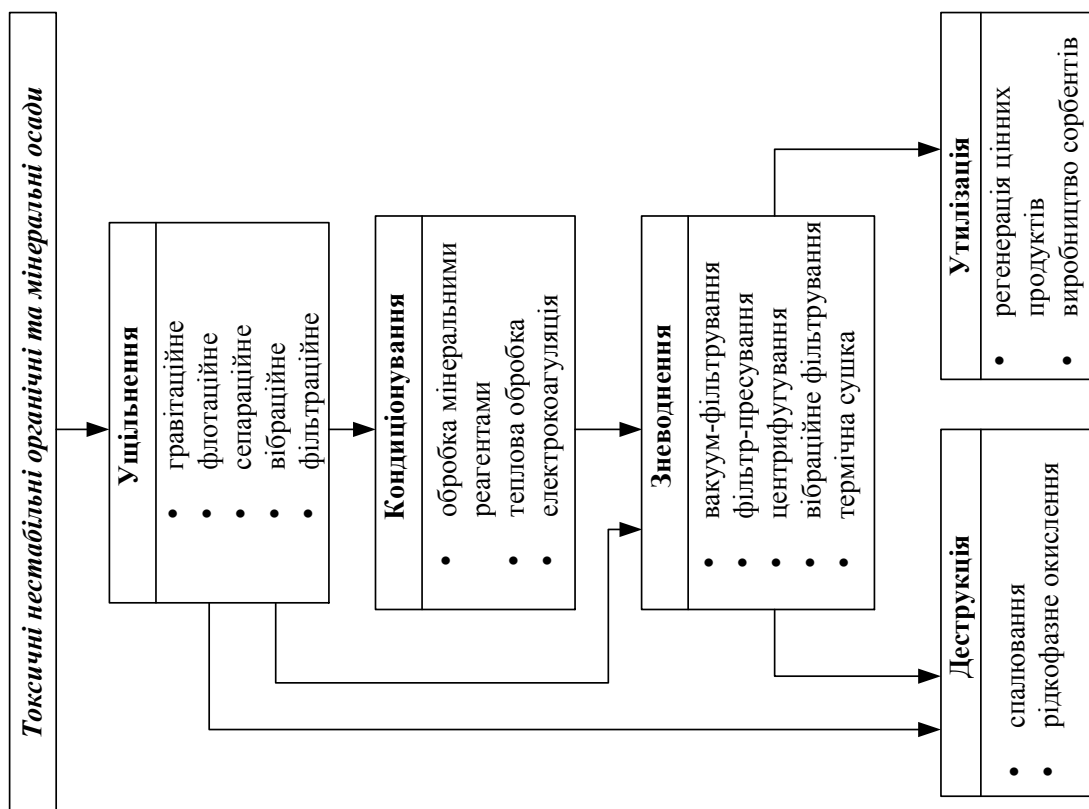


Рис. 2.2

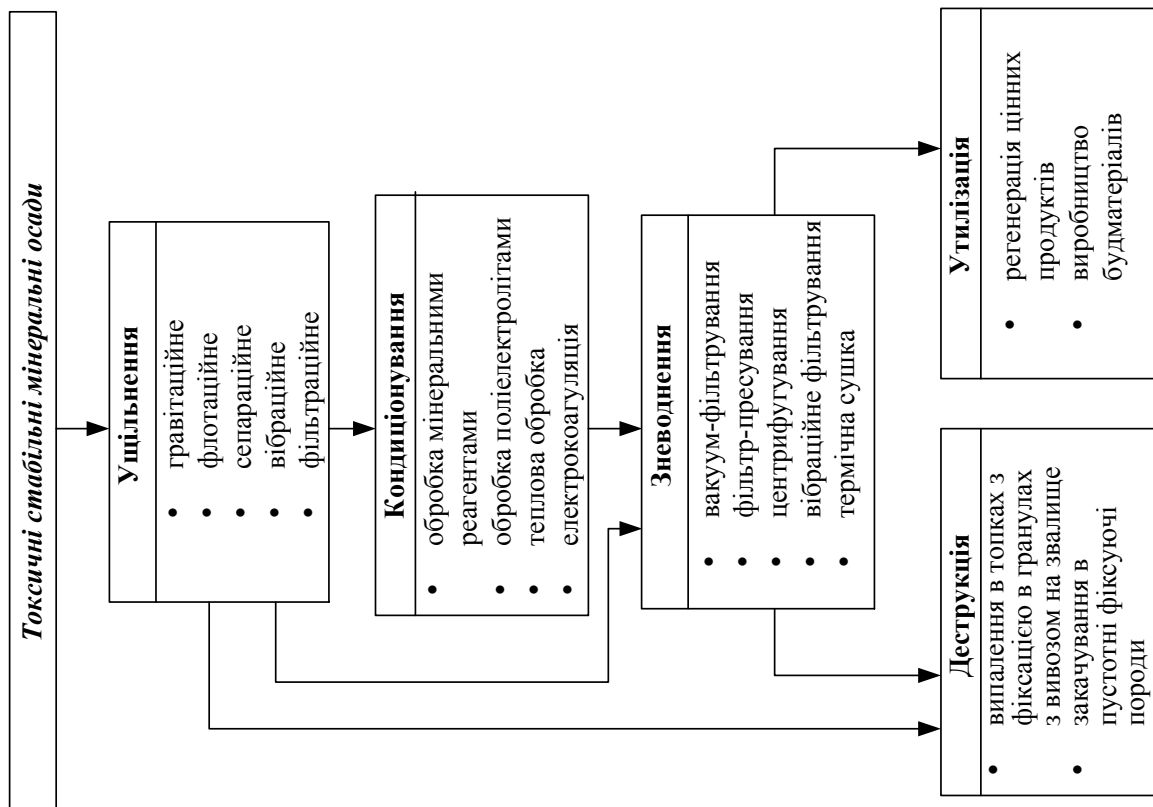


Рис. 2.3

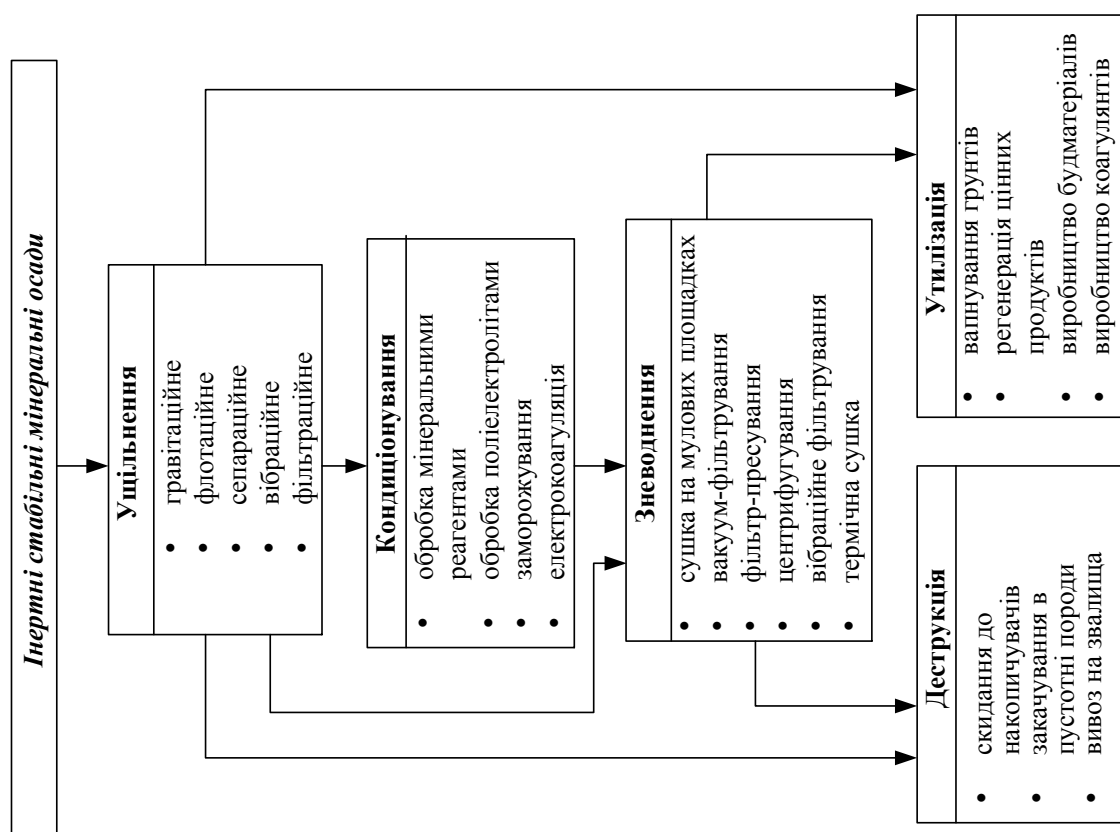


Рис. 2.5

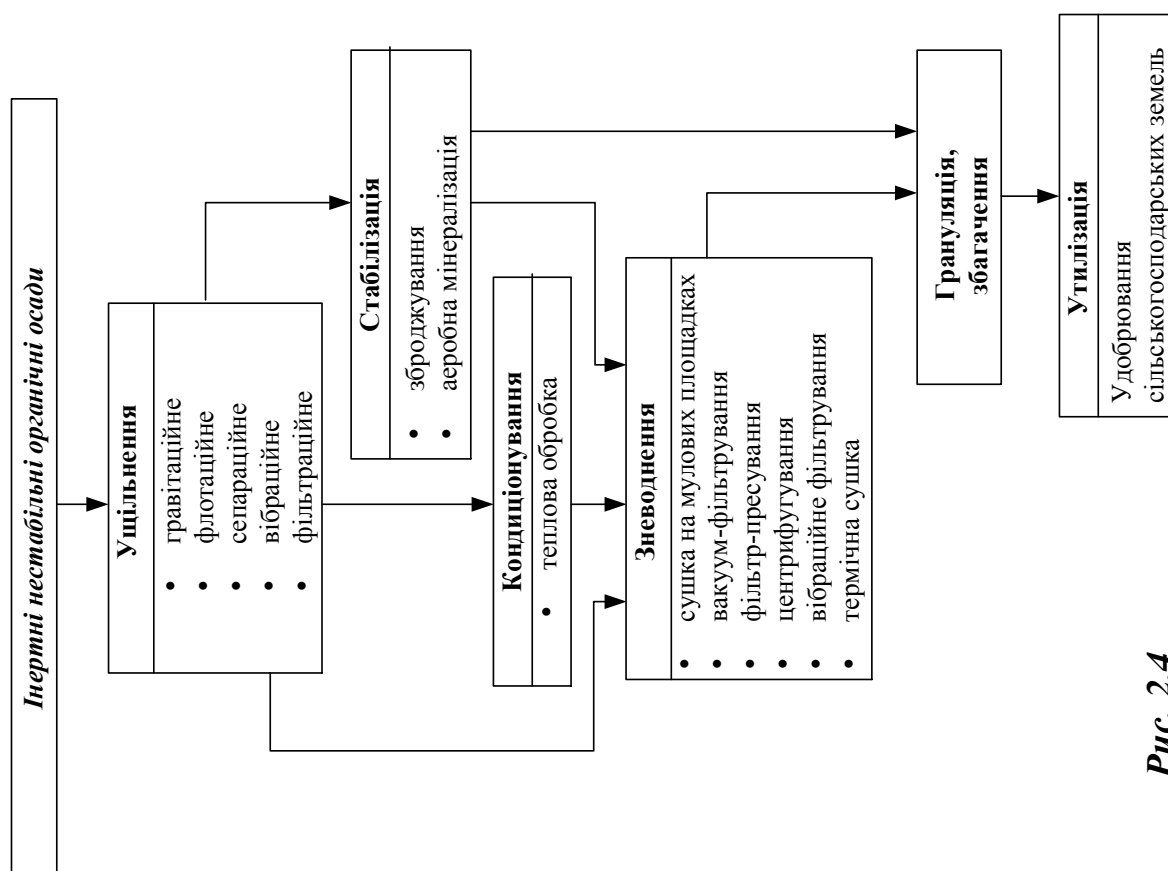
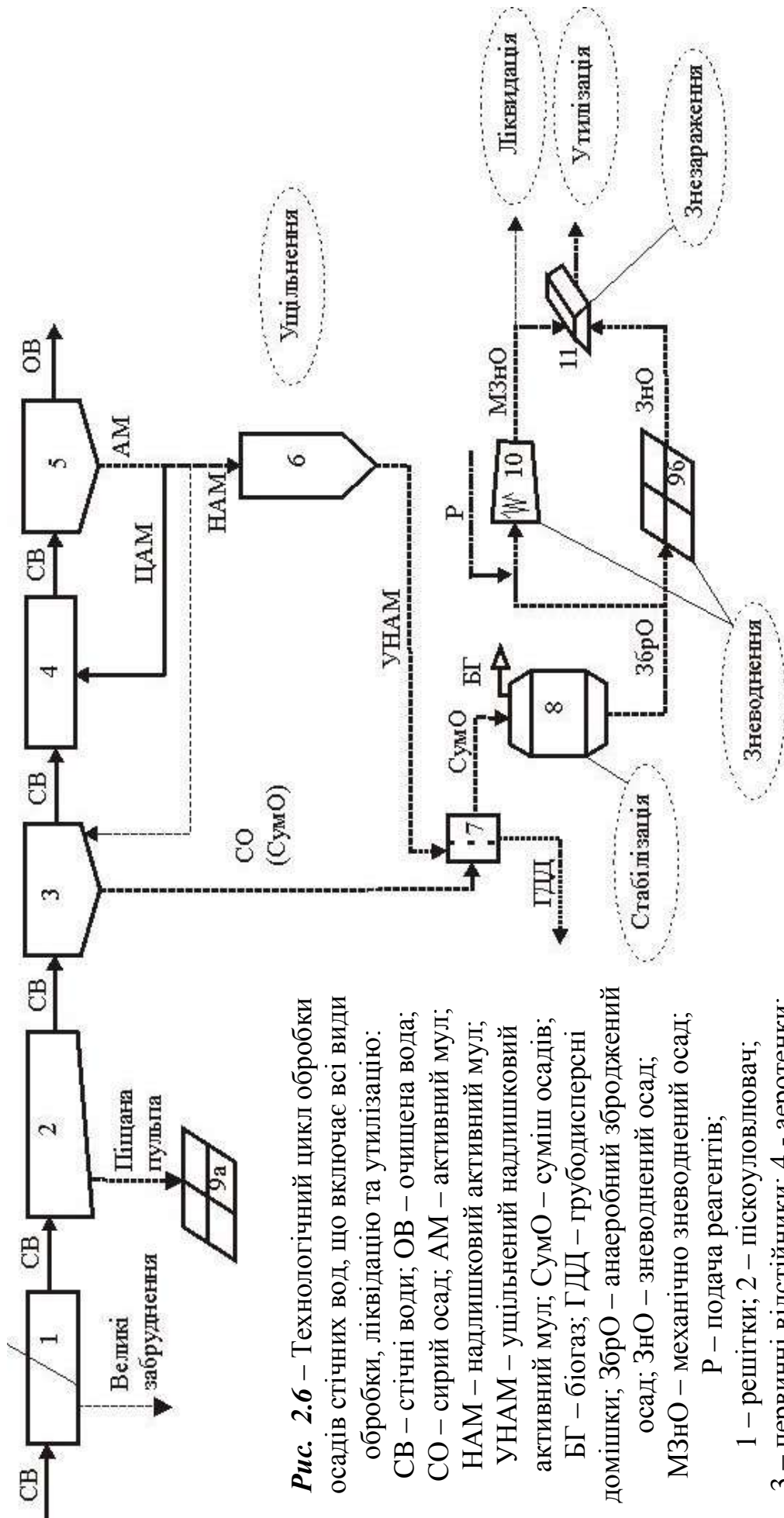


Рис. 2.4



На рис. 2.6 приведена принципова технологічна схема утворення та переробки осадів міських стічних вод.

Вибір раціональної технологічної схеми обробки осадів є складною інженерно-економічною та екологічною задачею, правильне вирішення якої вимагає обов'язкового врахування продуктивності очисної станції, місцевих умов (кліматичних, гідрогеологічних, містобудівельних, агротехнічних, забезпеченості реагентами, паливом, технологічним транспортом тощо), виконання попередніх експериментальних досліджень здатності осадів до водовіддачі, їх фізико-хімічних, теплофізичних і агрономічних характеристик. Але в будь-якому випадку технологічна схема ґрунтується на комбінації різноманітних методів обробки осадів.

Слід відзначити, що дані з техніко-економічних показників різних схем обробки осадів слід розглядати як орієнтовні, оскільки методи очистки стічних вод і обробки осадів постійно вдосконалюють, модернізують існуюче та впроваджують нове обладнання, з'являються нові реагенти, змінюється структура капітальних і експлуатаційних витрат, співвідношення між окремими статтями витрат (зокрема суттєво зростає вартість теплової та електричної енергії при незначному зростанні рівня заробітної плати).

Контрольні запитання:

1. Яке основне завдання обробки осадів стічних вод?
2. Назвіть основні стадії обробки осадів стічних вод .
3. Опишіть послідовність технологічних операцій, застосовуваних для обробки осадів стічних вод?
4. Для чого здійснюють ущільнення осадів стічних вод?
5. Назвіть способи ущільнення осадів стічних вод.
6. Яка мета стабілізації осадів стічних вод?
7. Назвіть способи стабілізації осадів стічних вод.
8. Для чого проводять кондиціонування та зневоднення осадів стічних вод?
9. Опишіть принципову технологічну схему утворення та переробки осадів міських стічних вод.

Тестові завдання:

1. Вкажіть в технологічній схемі очисних каналізаційних споруд місце утворення осаду у вигляді важких мінеральних домішок:

- | | |
|---------------------|--------------------------|
| А) решітки; | В) первинні відстійники; |
| Б) піскоуловлювачі; | Г) вторинні відстійники. |

2. Вкажіть вид осаду, що утворюється в процесі очищення стічних вод на решітках:

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| А) плаваючі домішки; | Г) грубодисперсні домішки; |
| Б) важкі мінеральні домішки; | Д) важкі органічні домішки; |
| В) активний мул; | Е) надлишкова біоплівка. |

3. Зменшення об'єму осаду досягають в процесі його:

- | | |
|------------------|---------------------|
| А) ущільнення; | В) кондиціонування; |
| Б) стабілізації; | Г) зневоднення. |

4. Руйнування біологічно розкладаної частини органічної речовини осаду досягають в процесі його:

- | | |
|------------------|---------------------|
| А) ущільнення; | В) кондиціонування; |
| Б) стабілізації; | Г) зневоднення. |

5. Збільшення водовіддачі та руйнування колоїдної структури осаду органічного походження досягають в процесі його:

- | | |
|------------------|---------------------|
| А) ущільнення; | В) кондиціонування; |
| Б) стабілізації; | Г) зневоднення. |

6. У випадках, коли подальше використання осадів є неможливим або економічно недоцільним, проводять їх:

- | | |
|----------------|------------------|
| А) утилізацію; | В) ліквідацію; |
| Б) ущільнення; | Г) стабілізацію. |

Тема 3. УЩІЛЬНЕННЯ І ЗГУЩЕННЯ ОСАДІВ

Ущільнення - найбільш поширений спосіб зменшення об'єму осаду. В процесі діяльності мікроорганізмів кількість активного мула безперервно збільшується, при цьому утворюється надлишковий активний мул, який відділяють від рециркуляційного (що направляють в аеротенки). Враховуючи високу вологість надлишкового активного мула (до 99,2-99,7%), необхідно здійснювати його ущільнення.

Ущільнення – найбільш простий і дешевий метод зниження вологості та об'єму осадів, що підлягають подальшій обробці. Зазвичай ущільнюють надлишковий активний мул, в окремих випадках – суміш активного мула й сирого осаду, достатньо рідко – сирий осад. Ущільнювати можуть також анаеробно зброджені та аеробно стабілізовані осади. Використовують гравітаційні методи, флотаційне та сепараційне ущільнення осадів. Оскільки вологість ущільненого осаду різко зменшується, то об'єм споруд при подальшій його обробці також скорочується. Варіанти технологічного розташування ущільнювачів у схемі очищення стічних вод з використанням аеротенків показані на рис. 3.1.

За схемою "а" надлишковий активний мул безперервно надходить в мулоущільнювач, де віддає основну масу вільної вологи у вигляді мулової води. Осад з мулоущільнювача подають на подальшу обробку. Відокремлена мулова вода містить значну кількість розчинених органічних забруднень, тому її повертають для очищення та вводять перед аеротенками.

Застосування схеми "б" передбачає безперервність відбору осаду з первинного відстійника із більшою вологістю і подальше доущільнення його в окремій споруді. Це дозволяє стабілізувати процеси відстоювання та ущільнення і, при необхідності, збільшити продуктивність первинних відстійників. Відокремлену в цій схемі воду, що містить до 150 мг/л завислих речовин, вводять перед первинними відстійниками.

Ущільненням надлишкового активного мула спільно з осадом первинних відстійників за схемою "в" досягають деякого зниження вологості отриманого осаду. При сумісному ущільненні активного мула і осаду первинних відстійників ущільнювач доцільно використовувати як резервуар-регулятор витрати осаду для подальшої його обробки.

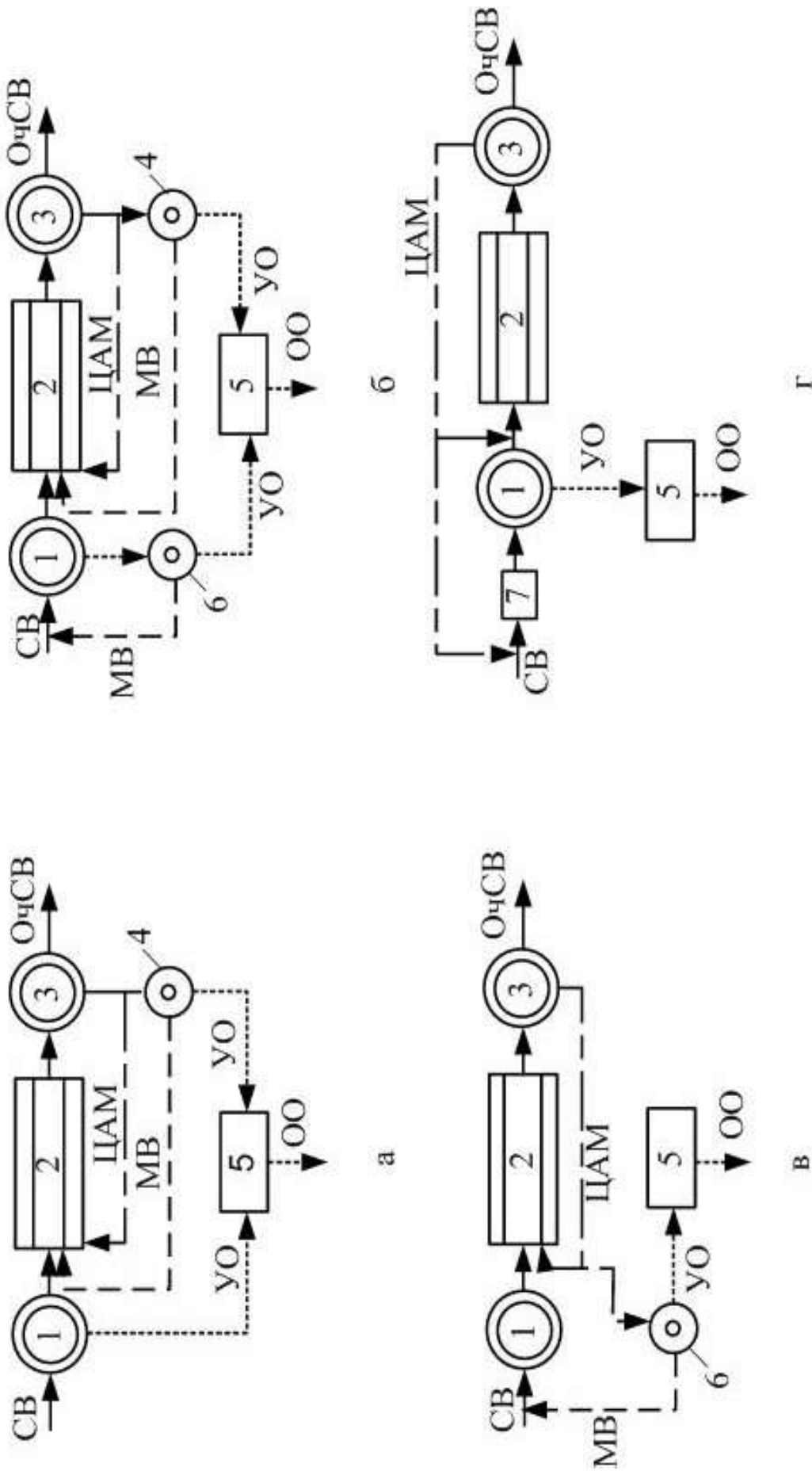


Рис. 3.1 – Варіанти технологічного розміщення ущільнювачів у схемі очищення стічних вод із використанням аеротенків

ЦАМ – циркулюючий активний мул; МВ – мулова вода; УО – ущільнений осад; ОО – оброблений осад;

1 – первинний відстійник; 2 – аеротенк; 3 – вторинний відстійник; 4 – мулоушільнювач; 5 – блок обробки осадів; 6 – ущільнювач осаду; 7 – преаератор

За схемою "Г" ущільнення осадів здійснюють без мулоущільнювачів. Активний мул подають до преаераторів в об'ємі, що перевищує його надлишкову кількість, потім із стічною водою мул поступає в первинні відстійники. Активний мул, що виноситься з первинних відстійників, компенсує бракуючу частину циркулюючого активного мула, що подають в аеротенки. Таким чином, в преаератори подають таку частину активного мула, яка перевищує його надлишкову кількість, але дозволяє виділити в первинних відстійниках весь надлишковий активний мул. Ця схема дає можливість отримувати один вид осаду - суміш сирого осаду і активного мула.

На вибір оптимальної схеми ущільнення істотно впливає не тільки тип ущільнювача, але і властивості активного мула. Так, мулова суміш з аеротенків ущільнюється швидше, ніж активний мул з вторинних відстійників, а активний мул при неповному біологічному очищенні ущільнюється значно краще, ніж при повному біологічному очищенні.

Зменшення об'єму й вологості осадів **гравітаційним методом** досягається тривалим їх відстоюванням. Ущільнення надлишкового активного мула здійснюють відповідно до закономірностей обмеженого осадження суспензії; його тривалість складає 9-12 годин, вологість ущільненого мула складає 97%.

В процесі ущільнення активного мула видаляють тільки вільну воду. Ущільнення активного мула приводить до різкого зростання його питомого опору фільтрації і до збільшення кількості зв'язаної води, що не дозволяє значно понизити його вологість.

Суміш мула з аеротенків ущільнюють швидше, ніж активний мул з вторинних відстійників. Активний мул з аеротенків на неповне біологічне очищення ущільнюють швидше і краще, ніж з аеротенків на повне біологічне очищення.

Встановлено, що ступінь ущільнення мула залежить від тривалості його перебування в зоні ущільнення та величини тиску в ній. Тривалість перебування мула в зоні ущільнення визначають навантаженням за сухою речовиною на одиницю поверхні мулозгущувача – питомим поверхневим навантаженням, вимірюваним в кг сухої речовини на 1 м² поверхні дзеркала води за добу. Питоме поверхнєве навантаження для гравітаційних мулозгущувачів приймають в межах 20-30 кг/м².доб.

На процес ущільнення надлишкового активного мула негативно впливають ті ж фактори, які приводять до погіршення роботи вторинних відстійників: виділення газів в результаті загнивання мула внаслідок денітрифікування або зміни температури осаду.

Застосовують зазвичай мулозгущувачі радіального типу, тобто звичайні радіальні відстійники. На станціях невеликої продуктивності використовують вертикальні мулозгущувачі, які влаштовують на базі звичайних первинних вертикальних відстійників з центральною трубою.

Для вертикальних мулозгущувачів розрахункова тривалість ущільнення надлишкового активного мула з вторинних відстійників складає 10-12 год., із зони освітлення аеротенків-відстійників – 16 год., з аеротенків на неповне біологічне очищення стічних вод – 3 год. Вологість ущільненого активного мула складає при цьому 98%.

Радіальні відстійники мають певні переваги перед вертикальними і дозволяють ущільнювати осад до вологості 97,3%. Розрахункова тривалість ущільнення осаду в радіальних відстійниках складає: 5-8 год. – для суміші мула з аеротенків; 9-11 год. – для активного мула з вторинних відстійників; 12-15 год. – для активного мула із зони освітлення аеротенків-відстійників.

Дані для розрахунку мулозгущувачів слід приймати за табл. 58 [40]. З мулозгущувачів радіального типу мул видаляють безперервно мулоскребами або мулососами та направляють на подальшу обробку.

Роботу мулозгущувачів можна інтенсифікувати як шляхом поліпшення властивостей ущільнюваного осаду (хімічною коагуляцією або термічною обробкою), так і обладнанням самих мулозгущувачів стрижньовими мішалками (рис. 3.2).

Попередня термічна обробка приводить до руйнування гідратної оболонки, яка обволікає тверді частинки осаду, внаслідок чого процес його ущільнення значно інтенсифікується. Після витримки мула при температурі 70-90°C впродовж 30 хв. він ущільнюється в термогравітаційному мулозгущувачі до вологості 96,7% впродовж 30-60 хв. За конструкцією термогравітаційний мулозгущувач подібний до звичайного вертикального мулозгущувача, в середині якого розміщена камера для підігрівання осаду парою. Для запобігання втратам тепла мулозгущувачі влаштовують закритими та ізольованими.

Серед переваг споруди слід зазначити, що одночасно з ущільненням в ньому відбувається й стерилізація мула. Проте внаслідок великої вартості процесу термогравітаційні ущільнювачі знайшли застосування тільки в технологіях утилізації мула як кормової добавки.

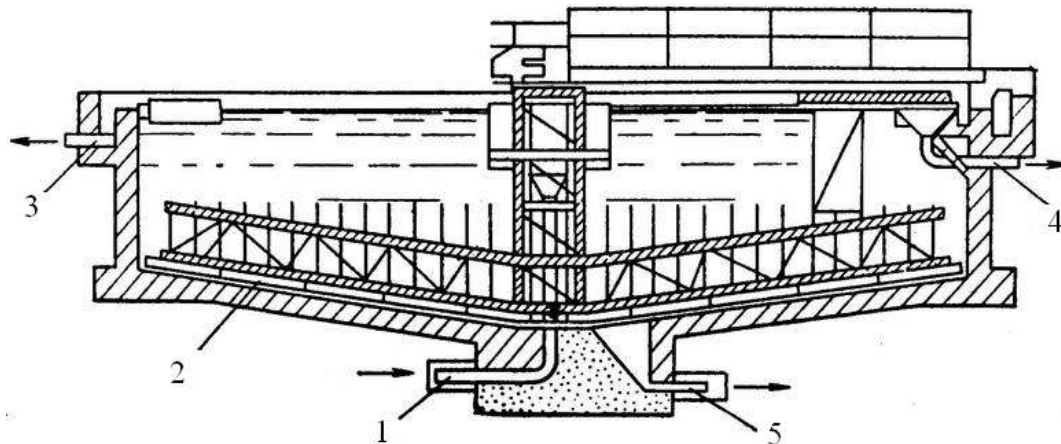


Рис. 3.2 - Радіальний мулоущільнювач із стрижневою мішалкою:
1 – підвідний трубопровід; 2 – мулоскреб із стрижневою мішалкою;
3 – трубопровід відведення мулової води; 4 – трубопровід для видалення
плаваючих речовин; 5 – трубопровід уцілюєного мула

Об'єм уцілюєного мула визначають за формулою

$$V_2 = \frac{V_1(100 - w_1)}{100 - w_2}, \quad (3.1)$$

де V_1, V_2 - об'єм мула до і після уцілюєння, %;

w_1, w_2 - вологість мула до і після уцілюєння, %.

При **флотаційному уцілюєнні осадів** відбувається інтенсифікація звільнення води із структурних порожнеч активного мула на рівні поверхневих явищ. Повітря, що вводять у вигляді дрібних бульбашок, вступає у взаємодію із зв'язаною водою на поверхні частинок мула, витісняючи та переводячи її у вільний стан. Застосування флотації дозволяє за 10-20 хв. досягти такого ж ступеня уцілюєння мула, як і після його гравітаційного уцілюєння впродовж 2 год. (рис. 3.3, 3.4).

Надлишковий активний мул подають у верхню частину камери, а робочу рідину, насичену повітрям, – в нижню. Як робочу рідину використовують очищену стічну воду після вторинних відстійників або мулову воду, що виходить з флотаційної камери. Мул і робочу рідину рівномірно розподіляють площею камери за допомогою радіальних

розподільних труб з отворами діаметром 5-10 мм, які в мулових трубах влаштовують зверху, а в трубах робочої рідини – збоку (швидкість виходу рідини з отворів повинна складати відповідно 0,7-1,0 і 1,8-2,3 м/с). Мулову воду видаляють з нижньої частини флотаційної камери. Шлам, що накопичується на поверхні, періодично (через 3-4 год. після досягнення вологості 94,5-95%) скидають до шламовідвідного лотка за допомогою спірального скребка.

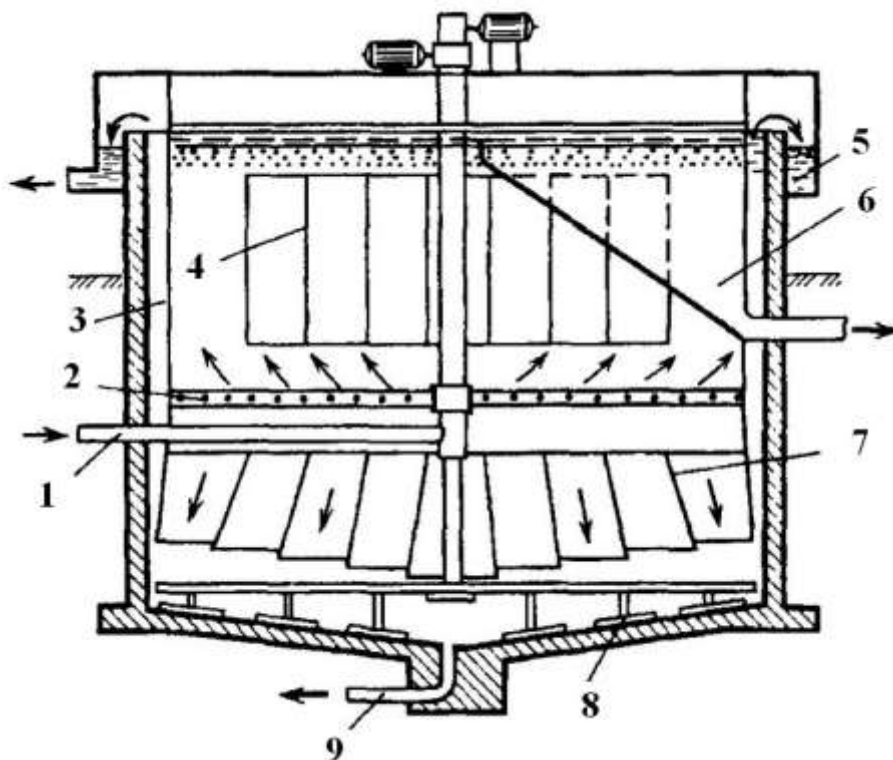


Рис. 3.3 - Вертикальний флотаційний мулоуцільнювач:

1 – подача мулової суміші; 2 – дирчастий розподільник, що обертається; 3 – периферійна перегородка; 4 – концентричні перегородки; 5 – кільцевий водовідвідний лоток; 6 – мулозбірний лоток; 7 – конічні перегородки; 8 – скребковий пристрій; 9 – відведення осаду, спорожнення уцільнювача

Висоту робочої зони флотаційної камери (між розподільними трубами мула й робочої рідини) приймають 2-3 м, а її об'єм визначають за тривалістю перебування в ній суміші мула й робочої рідини (приймають 40-60 хв.). Висоту шару шламу зазвичай приймають 0,3-0,7 м; таку ж висоту повинна мати і захисна зона між шламом і розподільними муловими трубами. Об'єм зони мулової води (між розподільними трубами робочої рідини і отворами для випуску мулової води) повинен складати 20-40% об'єму робочої зони, але її висота має бути не менше 1 м. Фактична концентрація завислих речовин у муловій воді складає 80-100 мг/дм³.

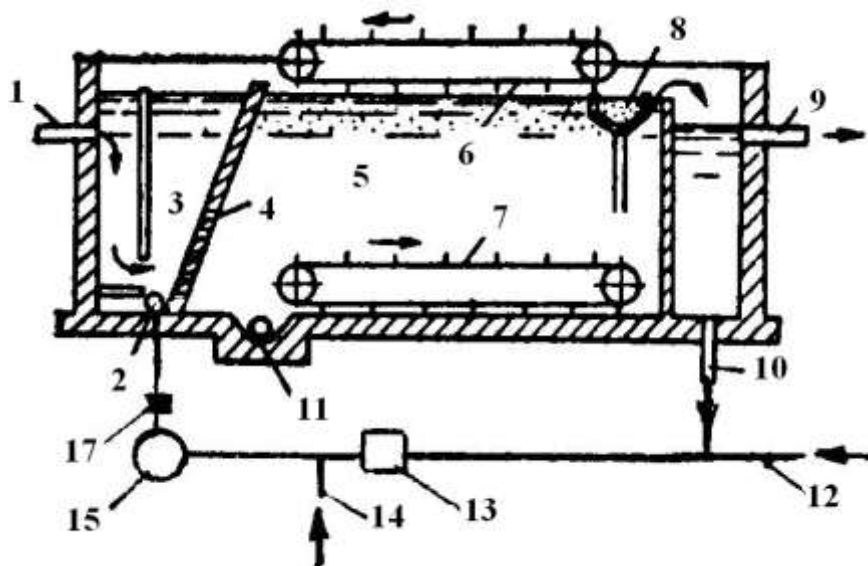


Рис. 3.4 - Горизонтальний флотаційний ущільнювач:

1 – трубопровід подачі осаду; 2 – те ж, рециркулюючої води; 3 – зона змішення; 4 – впускна розподільна система; 5 – флотаційна камера; 6, 7 – скребки; 8 – лоток для збору ущільненого мула; 9 – трубопровід для видалення води; 10 – трубопровід води на рециркуляцію; 11 – трубопровід спорожнення і видалення важкого осаду; 12 – трубопровід підживлення технічною водою; 13 – насос; 14 – трубопровід подачі стиснутого повітря; 15 – напірний резервуар; 16 – регулятор тиску

Окрім надлишкового активного мула флотаційному ущільненню піддають й інші види осадів та їх суміші.

Попередня обробка осадів флокулянтами дозволяє зменшити вологість обробленого мула з 95-96% до 94-95% і збільшити ефективність затримання сухої речовини 95-99%.

Головними перевагами флотаційних мулозгущувачів порівняно з гравітаційними є менша тривалість процесу ущільнення, їх менші розміри, нижча вологість ущільненого мула і значно менший його об'єм, що дозволяє зменшити об'єм споруд для подальшої обробки осадів. Проте флотаційні мулозгущувачі мають також істотні недоліки: велика витрата електроенергії флотаційними насосами, певна складність конструкції та експлуатації, необхідність розміщення флотаційних мулозгущувачів в будівлі для зручної експлуатації в зимовий час.

Технологічна схема роботи флотаційної установки для ущільнення надлишкового активного мула представлена на рис. 3.5. Основними вузлами установки є флотатор, вузол насичення, в який входять напірний бак, насос, ежектор і редукційний пристрій.

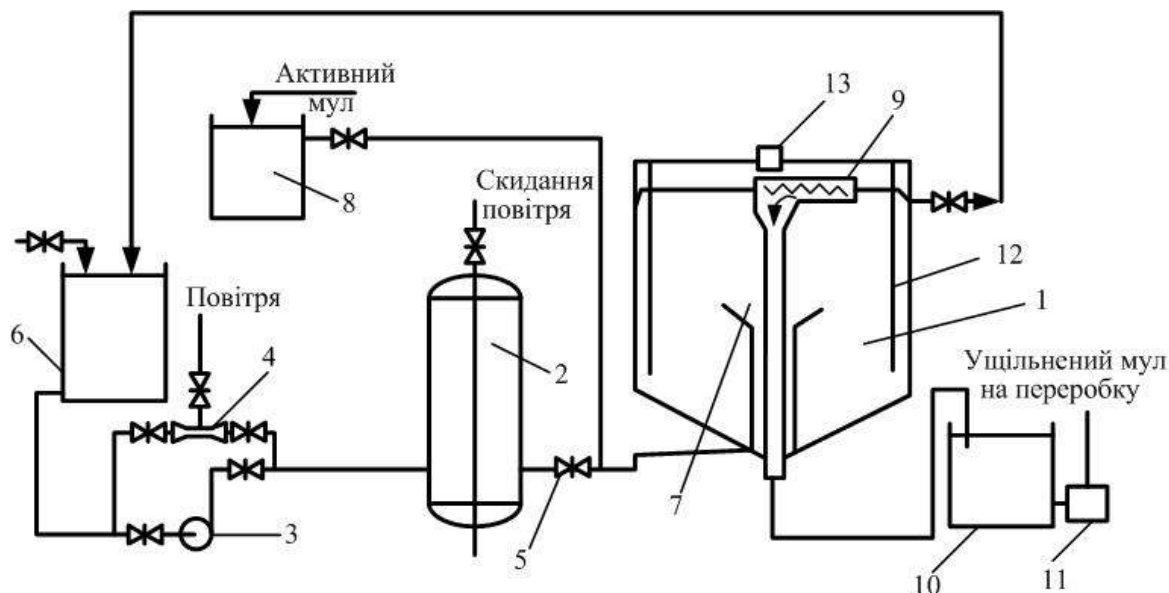


Рис. 3.5 - Схема установки для флотаційного ущільнення активного мула:

- 1 - флотатор радіальний; 2 - напірний бак; 3 – насос; 4 – ежектор;
 5 - редукційний пристрій; 6 - резервуар технічної води;
 7 - розподільний пристрій; 8 - резервуар АМ; 9 - пінозбірний пристрій;
 10 - резервуар ущільненого мула; 11 – насос; 12 - підвісна перегородка;
 13 - привід пінозбірного пристрою

Робочу рідину (очищена стічна вода або зливна вода з флотатора) забирають насосом з резервуару і подають в напірний бак. Повітря вводять в робочу рідину через ежектор, розташований між всмоктуючою і напірною лініями насоса (замість ежектора для подачі повітря може бути використаний компресор). У напірному баку відбувається розчинення повітря в робочій рідині під тиском 0,3-0,5 МПа. Насичена повітрям робоча рідина після зниження тиску на редукційному пристрої поступає через розподільний пристрій у флотатор.

Активний мул зі свого резервуару самотік поступає і змішується з робочою рідиною перед впусканням в розподільний пристрій. При зниженні тиску з робочої рідини виділяється надлишкова кількість повітря у вигляді найдрібніших повітряних бульбашок (50-80 мкм).

Ці повітряні бульбашки прикріплюються до частинок мула і флотують їх до поверхні, де відбувається їх ущільнення. Ущільнений мул збирають пінозбірним пристроєм і відводять з флотатора в резервуар, звідки насосом відкачують на подальшу обробку. Зливна вода проходить під підвісною перегородкою, що розділяє флотатор на флотаційну камеру та водозбірну, далі її відводять в резервуар або скидають на очисні споруди.

Відцентрове ущільнення мулових суспензій здійснюють в компактних високопродуктивних сепараторах або центрифугах. Швидкість розділення суспензій при цьому в 1000 разів більше, ніж при гравітаційному ущільненні.

Застосування знайшли сепаратори з тарілчастими вставками (рис. 3.6). Після надходження до сепаратора і попадання в простір між тарілками частинки мула виявляються під дією двох складових відцентрової сили: сили, що діє перпендикулярно поверхні тарілки та притискує до неї частинки, і сили, направленої упродовж тарілки, під дією якої частинка сповзає вниз по тарілці. Освітлений мул (фугат) рухається вгору в просторі між тарілками і видаляється через верхню кільцеву щілину. Ущільнений мул, який зісковзує з тарілок сепаратора, збирається в осадовому просторі та безперервно вивантажується через сопла невеликого діаметру в стінці корпусу барабана.

Саморозвантажні сепаратори розділяють на дві основні групи: з безперервним і пульсуючим відведенням осаду. У сепараторах з безперервним відведенням осаду останній видаляють разом з частиною рідкої фази через сопла у вигляді концентрованої важкої фракції.

У сепараторах з пульсуючим відведенням осаду останній викидається з барабана при переміщенні рухомого елемента, що відкриває розвантажувальні щілини на периферії барабана.

При повному розвантаженні періодично припиняється подача осаду на сепарацію, розвантажувальні щілини барабана відчиняють, і весь його вміст, тобто виділений осад і рідка фаза, викидають в приймач.

Основні конструктивні фактори, які істотно впливають на ефективність процесу сепарації: частота обертання барабана, розміри барабана і тарілок, відстань між тарілками.

Застосування тарілчастих сепараторів дозволяє ущільнювати мул до концентрації 40-60 г/дм³ при ефективності затримання сухої речовини в середньому 97%. Проте, навіть за умови попереднього проціджування мула через сита або барабанні сітки, експлуатація сепараторів сильно ускладнюється внаслідок частого забивання сопел сепаратора.

Ущільнення мула на центрифугах не знайшло широкого застосування внаслідок утворення великої кількості погано

зневоднюваного фугата, хоча цей метод дозволяє отримувати ущільнений мул з концентрацією 60-70 г/дм³ при ефективності затримання сухої речовини 85-93%.

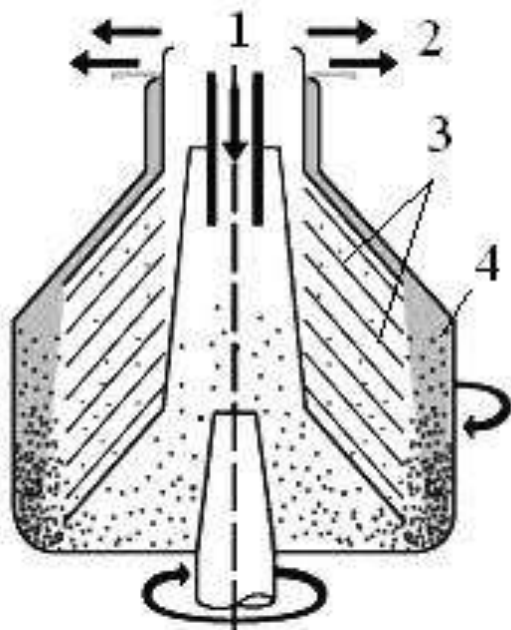


Рис. 3.6 – Схема тарілчастого сепаратора:
1 – подача; 2 – випуск фугата; 3 – пакет тарілок;
4 – зона ущільненого мула

Контрольні запитання:

1. Для чого проводять ущільнення осадів стічних вод?
2. Які осади піддають ущільненню?
3. Охарактеризуйте гравітаційний метод ущільнення осадів?
4. Яку воду видаляють у процесі ущільнення активного мула?
5. Які чинники впливають на процес ущільнення осадів?
6. Які споруди застосовують для ущільнення осадів стічних вод?
7. Як можна інтенсифікувати роботу молоткозгущувачів?
8. Як визначити об'єм ущільненого мула?
9. Охарактеризуйте флотаційний метод ущільнення осадів.
10. Назвіть переваги флотаційних мулозгущувачів.
11. Опишіть технологічну схему роботи флотаційної установки для ущільнення надлишкового активного мула.
12. Охарактеризуйте відцентрове ущільнення мулових суспензій.

Тема 4. СТАБІЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ

Осади стічних вод схильні до процесів гниття, які супроводжують виділення смердючих запахів, утворення колоїдних і дрібнодисперсних частинок, погіршення водовіддачі. Тому осади піддають *стабілізації* – спеціальній обробці, яка змінює їх фізико-хімічні властивості та пригнічує життєдіяльність гнильних бактерій, чим запобігають загниванню осадів.

Стабілізацію органічної речовини осаду здійснюють за допомогою мікроорганізмів в анаеробних і аеробних умовах. Органічні речовини твердої фази осаду переводять в стабільні речовини: двоокис вуглецю, метан і воду.

Анаеробну стабілізацію або **зброджування** здійснюють в таких спорудах:

- у септиках (при продуктивності станції до $25 \text{ м}^3/\text{доб.}$);
- у двоярусних відстійниках або освітлювачах (при продуктивності станції до 10 тис. $\text{м}^3/\text{доб.}$);
- у метантенках (при продуктивності станції більше 10 тис. $\text{м}^3/\text{доб.}$).

Аеробну стабілізацію здійснюють в аераційних спорудах типу аеротенків; вона полягає в тривалому аеруванні осаду.

4.1. Аеробна стабілізація

Процес аеробної стабілізації осадів полягає в тривалій (протягом декількох діб) аерації їх повітрям, при цьому відбувається окислення основної частини органічних беззольних речовин мікроорганізмами у присутності кисню. Частину органічних речовин, що залишилася, стабілізують, тобто вона стає нездійною до подальшого загнивання.

Для аеробної стабілізації використовують будь-які ємкісні споруди, що є на станціях аерації, в т.ч. аеротенки з переважною висотою 3-5 м. На невеликих очисних станціях зазвичай використовують аеробні стабілізатори, які працюють за принципом повного змішення. Таке проведення процесу, проте, має істотний недолік: вивантажуваний осад має деяку, хоча і незначну, кількість речовин, які перебували в стабілізаторі дуже нетривалий час. Тому для стабілізації рекомендують застосовувати споруди типу аеротенків-витіснювачів.

Ефективність процесу стабілізації залежить від тривалості та інтенсивності аерації, температури, а також складу і властивостей осаду.

Тривалість аерації, що забезпечує повний розпад беззольної речовини та стабілізацію осаду, приймають для неущільненого мула – 2-5 діб, для суміші сирого осаду й ущільненого активного мула – 8-12 діб. Витрата повітря – 1-1,5 м³/м³·год. В умовах України застосування цього методу на очисних спорудах останніми роками різко скоротилося у зв'язку з дефіцитом електроенергії та високою енергоємністю тривалої аерації.

Параметри для розрахунків споруд зі стабілізації осадів приведені в п.п. 6.364 – 6.367 [40].

Подачу повітря в аеробні стабілізатори здійснюють за допомогою крупно- або середньопузирчастої систем аерації, оскільки вважають, що застосування механічної або пневмомеханічної аерації приводить до погіршення структури осаду і збільшення його питомого опору фільтрації. Розподіл повітря по довжині стабілізатора-витіснювача здійснюють нерівномірно. Так, у разі застосування чотирьохкоридорної споруди розподіл повітря між коридорами здійснюють таким чином: 50, 27, 15 і 8%.

Швидкість процесу аеробної стабілізації зростає зі збільшенням концентрації осаду, проте при цьому погіршуються масопередача кисню і водовіддаюча здатність осаду. Виходячи з цих умов, концентрація активного мула, що подають в аеробний стабілізатор, не повинна перевищувати 20 г/дм³ (оптимальна концентрація 10-15 г/дм³), а концентрація суміші мула та сирого осаду – 25-27 г/дм³ (оптимальна концентрація 15-20 г/дм³). Підтримку необхідної концентрації мула можна здійснювати як шляхом його попереднього ущільнення (але не довше 6 год. за умови збереження його біологічної активності) (рис. 4.1, а), так і влаштуванням спеціальних відстійних зон усередині стабілізатора (рис. 4.1, б), або навіть шляхом повернення в стабілізатор вже стабілізованого ущільненого осаду (рис. 4.1, в).

Після аеробної стабілізації осади повинні знаходитися протягом 1,5-5 год. в окремо розташованих ущільнювачах (рис. 4.1, г) або в спеціально виділеній відстійній зоні всередині стабілізатора. Вологість ущільненого аеробного стабілізованого осаду складає при цьому 96,5-97,5%. Згідно [40] мулова вода з ущільнювачів, що містить до 100 мг/дм³ завислих речовин і має БПК_{повн} до 200 мг/дм³, повинна прямувати для очищення в аеротенки.

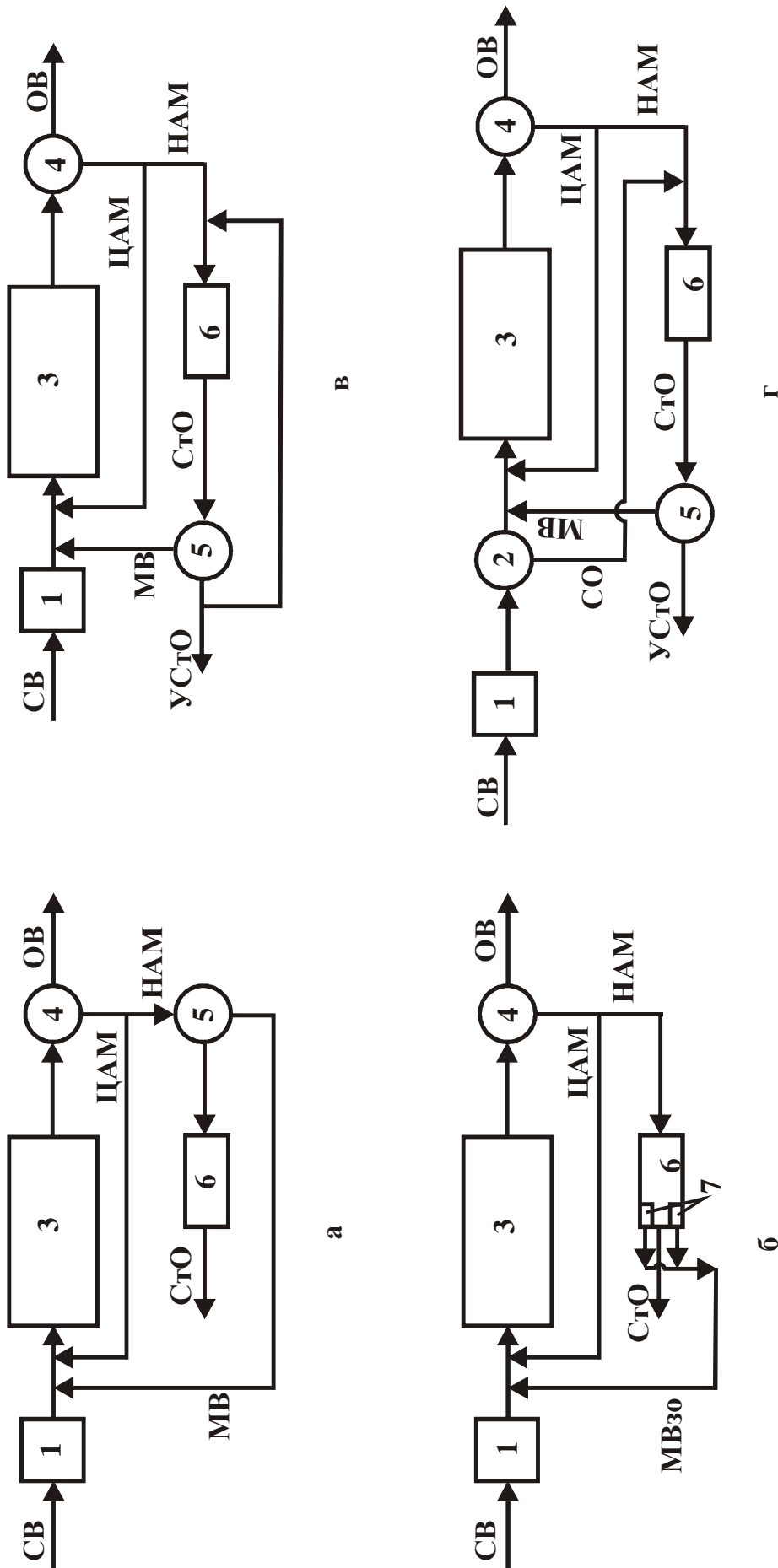


Рис. 4.1 – Схеми процесу аеробної стабілізації осадів:

СВ – стічні води; ОВ – очищені стічні води; ЦАМ – циркулюючий активний мул; НАМ – надлишковий активний мул; МВ – мулова вода; МВ₃₀ – мулова вода із зони освітлення; СтО – стабілізований осад; УСтО – ущільнений стабілізований осад; СО – сирий осад;

1 – решітки, піскоуловлювач; 2 – первинний відстійник; 3 – аеротенк; 4 – вторинний відстійник; 5 – мулозгущувач; 6 – аеробний стабілізатор; 7 – відстійні зони

Процес аеробної стабілізації приводить до деякого зменшення вмісту в осаді патогенної мікрофлори. Залежно від тривалості аерації та режиму роботи стабілізаторів зменшення вмісту кишкової палички досягає 70-99% і спостерігається інактивація вірусів. Проте яйця гельмінтів не гинуть, тому використання стабілізованих осадів як добрив можливо тільки після їх дегельмінтизації.

Перевагами аеробних стабілізаторів є простота їх конструкції і експлуатації, вибухобезпечність, поліпшення, в окремих випадках, водовіддаючої здібності осадів, невелика (особливо порівняно з анаеробним зброджуванням) залежність процесу стабілізації від наявності в осаді токсичних домішок, іонів важких металів, ПАР.

До недоліків аеробних стабілізаторів слід віднести велике використання електроенергії на аерацію, необхідність обов'язкового знезараження стабілізованих осадів, зниження ефективності аеробної стабілізації в зимовий період унаслідок переохолодження осаду.

4.2. Анаеробне зброджування

Анаеробне зброджування - процес мінералізації органічної речовини осадів в анаеробних умовах, що супроводжується посиленням газовиділенням, також застосовують для стабілізації осадів.

Анаеробне зброджування - складний мікробіологічний процес мінералізації, в ході якого органічна речовина без доступу повітря трансформується в газоподібний метан (CH_4) та діоксид вуглецю (CO_2). Цей процес умовно можна поділити на три основні стадії: гідроліз, утворення кислот (кислотогенна стадія) і утворення метану (метаногенна стадія). Продукти метаболізму кожної стадії є субстратом для наступної стадії.

Біохімія і мікробіологія анаеробного метанового зброджування складніші, ніж аеробних процесів. До теперішнього часу немає повної ясності щодо ролі та ступеня участі в ньому різних груп мікроорганізмів, проте зрозуміло, що на відміну від активного мула, біоценоз метантенка представлений тільки бактеріями. Відповідно до сучасних уявлень [5], анаеробне метанове зброджування включає чотири взаємопов'язані стадії, здійснювані різними групами бактерій (рис. 4.2):

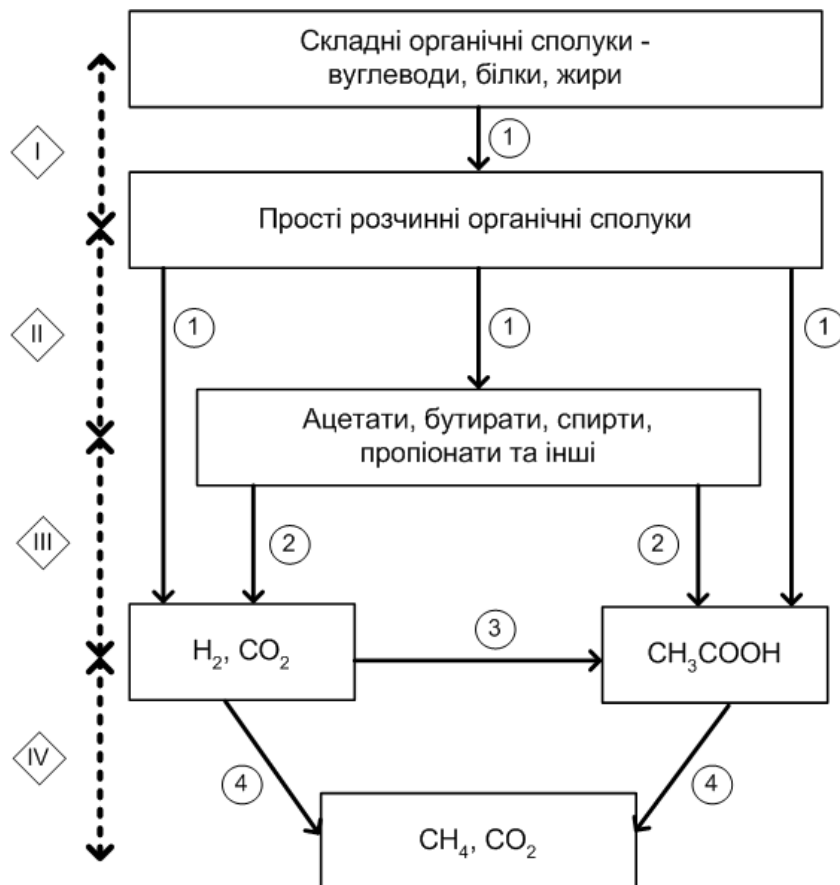


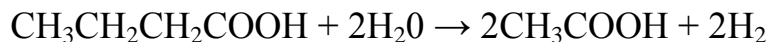
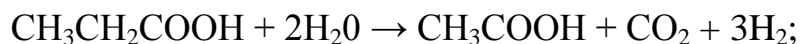
Рис. 4.2 – Схема анаеробного метанового зброджування осаду стічних вод:

I – гідроліз; II – кислотогенез; III – ацетогенез; IV – метаногенез;
 1 - ферментативні кислотогени; 2 - ацетогени, що утворюють водень;
 3 - ацетогени, що використовують водень; 4 - метаногени, що відновлюють вуглекислий газ; 5 - метаногени, що використовують ацетат

I. Стадія ферментативного гідролізу здійснюється швидкорослими *факультативними анаеробами*, що виділяють екзоферменти, за участю яких здійснюється гідроліз нерозчинених складних органічних сполук з утворенням простіших розчинених речовин. Оптимальне значення рН для розвитку цієї групи бактерій - в інтервалі 6,5-7,5.

II. Стадія кислотоутворення (кислотогенна) супроводжується виділенням летких жирних кислот (ЛЖК), амінокислот, спиртів, а також водню і вуглекислого газу. Стадія здійснюється швидкорослими, дуже стійкими до несприятливих умов середовища *гетерогенними бактеріями*.

III. Ацетатогенна стадія перетворення ЛЖК, амінокислот і спиртів в оцетову кислоту здійснюється двома групами *ацетатогенних бактерій*. Перша група, яка утворює ацетати з виділенням водню з продуктів попередніх стадій, називається *ацетатогенами, які створюють водень*:



(утворення оцетової кислоти з пропіонової та масляної кислот).

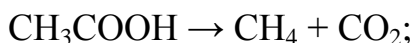
Друга група, яка також утворює ацетати і використовує водень для відновлення діоксиду вуглецю, називається *ацетатогенами*, що використовують водень:



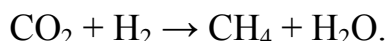
(утворення оцетової кислоти шляхом використання водню для відновлення CO_2).

IV. Метаногенна стадія, здійснювана повільнорослими бактеріями, строгими анаеробами, які дуже чутливі до змін умов середовища, особливо до зниження рН менше 7,0-7,5 і температури. Різні групи *метаногенів* утворюють метан двома шляхами:

розщеплюванням ацетату



відновленням діоксиду вуглецю



У першому випадку утворюється 72% метану, у другому - 28%.

Таким чином, анаеробне розкладання органічних речовин здійснює співтовариство мікроорганізмів, складових трофічного ланцюга первинних і вторинних анаеробів. На відміну від трофічних цілей мікроорганізмів в аеробних умовах, де взаємовідношення між групами організмів характеризуються відношенням "жертва - хижак", для трофічних систем при метановому зброджуванні характерне використання продуктів метаболізму одних груп бактерій іншими. Первинні факультативні анаероби здійснюють стадії гідролізу і кислотоутворення, вторинні, - стадії ацетатогенезу і метаногенезу на субстратах, які утворені первинними анаеробами.

До вторинних анаеробів відносяться й сульфатредуцируючі бактерії, що працюють паралельно метаногенам і використовують продукти перших стадій процесу. При низькому вмісті сульфатів працюють в основному метаногени з утворенням CH_4 і CO_2 та незначної кількості H_2S . При підвищенні концентрації сульфатів до 0,5 ммоль/л сульфатвідновлюючі бактерії конкурують із метаногенами за енергетичні субстрати (H_2 і ацетат)

та утворюють значну кількість сульфідів, що інгібують зростання метаногенів.

Всі стадії анаеробного зброджування мають важливе значення, проте очевидно, що подальші стадії не можуть початися, поки для них не будуть підготовлені умови попереднім ходом процесу. Оскільки ацетогени і особливо метаногени мають нижчі швидкості росту порівняно із гідролітичними бактеріями і чутливіші до умов процесу, то стадія утворення метану виявляється істотно залежною від цих умов.

Окрім трофічних зв'язків між групами бактерій в процесі метанового бродіння повинні здійснюватися і фізичні взаємодії, зокрема необхідний безпосередній контакт гідролітичних бактерій з твердим гідролізованим субстратом і просторовий симбіоз ацетатогенів і метаногенів з субстратом. Розрив цих зв'язків, наприклад, при сильних динамічних навантаженнях при інтенсивному перемішуванні, надає негативну дію на ефективність процесу.

Тому для створення збалансованої і ефективно працюючої системи метанового зброджування осаду завжди необхідно розглядати не окремі групи бактерій, а все співтовариство в цілому в конкретних умовах його існування.

Основними технологічними параметрами, що визначають ефективність процесу анаеробного зброджування осадів є їх хімічний склад, температура та тривалість зброджування, навантаження за органічною речовиною, концентрація завантажуваного осаду, а також режим завантаження і перемішування вмісту камери зброджування.

Хімічний склад осаду визначає можливий ступінь його зброджування, а також вихід і склад утворюваного біогазу. Встановлено [6], що газ, який виділяється в процесі зброджування осаду, утворюється тільки за рахунок розпаду жирів, вуглеводів і білків. При цьому 60-65% біогазу утворюється при розпаді жирів, а останні 35-40% доводяться приблизно порівну на вуглеводи і білки. Все три дані компоненти зброджуються не повністю: ступінь їх зброджування складає 70% - для жирів, 62,5% - для вуглеводів, 48% - для білків. У свою чергу, вміст жирів, вуглеводів і білків в органічній речовині осаду складає 65-80%.

СНіП [40] рекомендує ступінь розпаду беззольної речовини сирого осаду первинних відстійників приймати 53%, а надлишкового активного мула – 44%.

У складі осадів є органічні та неорганічні речовини, які за певних умов можуть проявляти токсичну дію на процес зброджування. До таких речовин відносять іони важких металів, розчинений кисень, сульфіді, амонійний азот, ПАР та ін. Найбільш чутливими до токсичних речовин є метанові бактерії. Наслідком токсичної дії на них різних хімічних речовин є зменшення утворення метану аж до його повного припинення.

Одним з найважливіших чинників, що впливають на швидкість росту анаеробних мікроорганізмів і ефективність розпаду осаду, є **температура**. У природі метан утворюється при температурі від 0 до 97°C. Виділяють три основні температурні зони життєдіяльності анаеробних мікроорганізмів: *психрофільну* – до 20°C (оптимум 15-17°C), *мезофільну* – від 20 до 40°C (оптимум 33-35°C) і *термофільну* – від 50 до 70°C (оптимум 53-55°C). У кожній зоні біохімічні процеси здійснюють свої специфічні асоціації мікроорганізмів.

Термофільне зброджування відрізняється від мезофільного більшою інтенсивністю та закінчується приблизно в 2 рази швидше, за рахунок чого вдвічі зменшується необхідний об'єм споруд. Підтримка мезофільних або термофільних температур вимагає на практиці підігрівання осадів, що приводить до ускладнення технічних вирішень очисних споруд.

Температура, при якій здійснюють зброджування осаду, також істотно впливає і на процес газовиділення, яке значно зменшується в інтервалі температур 40-50°C. Проте при нескінченно продовжуваному зброджуванні вихід газу з розрахунку на одиницю сухої речовини завантаженого або збродженого осаду практично однаковий як для мезофільного, так і для термофільного режимів зброджування, і визначається тільки хімічним складом осаду.

При термофільному зброджуванні досягають повної дегельмінтизації осаду, тоді як в умовах мезофільних температур гине лише 50-80% всієї кількості яєць гельмінтів.

Тривалість перебування осаду в камері зброджування є одним з найважливіших параметрів, що визначають глибину анаеробного розкладання органічної речовини осаду. Для камер зброджування з

незакріпленою біомасою необхідно, щоб мікроорганізми знаходилися в них в достатній кількості, тривалість перебування їх в реакторі була достатньою для глибокого анаеробного розкладання субстрата і при цьому вони не вимивалися з камер із збродженим осадом.

Тривалість перебування осаду в камері зброджування дорівнює відношенню об'єму камери V , м^3 , до добової витрати завантажуваного осаду $Q_{\text{доб}}$, $\text{м}^3/\text{доб.}$:

$$t = \frac{V}{Q_{\text{доб}}}, \text{ діб.} \quad (4.1)$$

Величину, зворотну тривалості перебування осаду в камері зброджування, називають добовою дозою завантаження і зазвичай виражають у відсотках

$$D = \frac{Q_{\text{доб}}}{V} \cdot 100, \% . \quad (4.2)$$

Доза завантаження показує, скільки відсотків від загального об'єму камери зброджування складає добовий об'єм завантажуваного осаду. Дозу завантаження приймають залежно від режиму зброджування та вологості осаду за табл. 59 [40].

Виходячи з цього, для визначення необхідного об'єму камери зброджування можна застосовувати формулу

$$V = \frac{Q_{\text{доб}} \cdot 100}{D}, \text{ м}^3. \quad (4.3)$$

Навантаження на камеру зброджування вимірюють в кг беззольної речовини на 1 м^3 об'єму камери за добу. Зміна вологості завантажуваного осаду при однаковій дозі завантаження приводить до зміни кількості сухої або беззольної речовини осаду, яка поступає в камеру зброджування за добу, або так званого навантаження на камеру зброджування.

Допустиме навантаження на камеру зброджування може прийматися (за добу):

- 1) для сирого осаду первинних відстійників:
 - при мезофільному режимі зброджування $2,75\text{-}4 \text{ кг/м}^3$;
 - при термофільному режимі зброджування $5\text{-}8 \text{ кг/м}^3$;

2) для суміші сирого осаду первинних відстійників і надлишкового активного мула (співвідношення мас за беззольною речовиною осадів 1:1):

- при мезофільному режимі зброджування $1,75-2,25 \text{ кг/м}^3$;
- при термофільному режимі зброджування $3,5-6 \text{ кг/м}^3$.

Інтенсивність перемішування. Перемішування вмісту камери зброджування здійснюють з метою забезпечення однакового використання всього її об'єму, унеможливлення створення «мертвих» зон, запобігання розшаруванню осаду, випадання піску й утворення кірки, вирівнювання температури. Перемішування також дозволяє вирівняти концентрації продуктів біохімічних реакцій, а також токсичних речовин, які можуть поступати із завантажуваним осадом. Проте існує межа інтенсивності перемішування, перевищення якої може привести до фізичного відриву окремих груп бактерій одна від одної і бактерій від субстрата.

Режим зброджування осаду буває періодичним, безперервним і напівбезперервним. В даний час в основному здійснюють періодичний процес, що пов'язано з періодичним вивантаженням осаду з первинних відстійників. Перехід на безперервне завантаження дозволить уникнути зниження температури в результаті надходження в камеру зброджування великої кількості недостатньо прогрітого осаду, досягти рівномірного газовиділення і однорідності вивантажуваного осаду.

Концентрація завантажуваного осаду в камері зброджування зменшується в результаті розкладання частини його беззольної речовини в процесі зброджування. На практиці прагнуть зброджувати більш концентровані осади, що обумовлене двома основними причинами: по-перше, при зброджуванні більш концентрованого осаду можна зменшити об'єм, а значить і вартість камери зброджування, забезпечуючи при цьому необхідний ступінь розпаду беззольної речовини; по-друге, концентрація метанових бактерій зростає при збільшенні концентрації осаду. З іншого боку, збільшення концентрації осаду приводить до необхідності використання могутніших пристроїв для його перемішування. Зазвичай концентрація завантажуваного осаду знаходиться в межах 1,5-9%, хоча відомі випадки зброджування осадів з концентрацією за сухою речовиною і до 12-15%.

Як указувалося раніше, основними спорудами для анаеробної стабілізації осадів є септики, двоярусні відстійники, освітлювачі-перегнивачі та метантенки.

Септики – це споруди, в яких одночасно здійснюють освітлення стічних вод і анаеробне зброджування утвореного при цьому осаду (рис. 4.3).

Перевагами септиків є високий ефект виділення із стічних вод завислих речовин і простота експлуатації. Їх використовують для попереднього освітлення стічних вод перед подальшим очищенням на полях фільтрації, піщано-гравійних фільтрах, в фільтруючих колодязях. Для зменшення винесення з септиків завислих речовин їх влаштовують дво- або трикамерними (залежно від продуктивності). Виготовляють типові септики із залізобетону, а в останній час для приватного застосування використовують септики невеликої продуктивності, виготовлені з полімерних матеріалів.

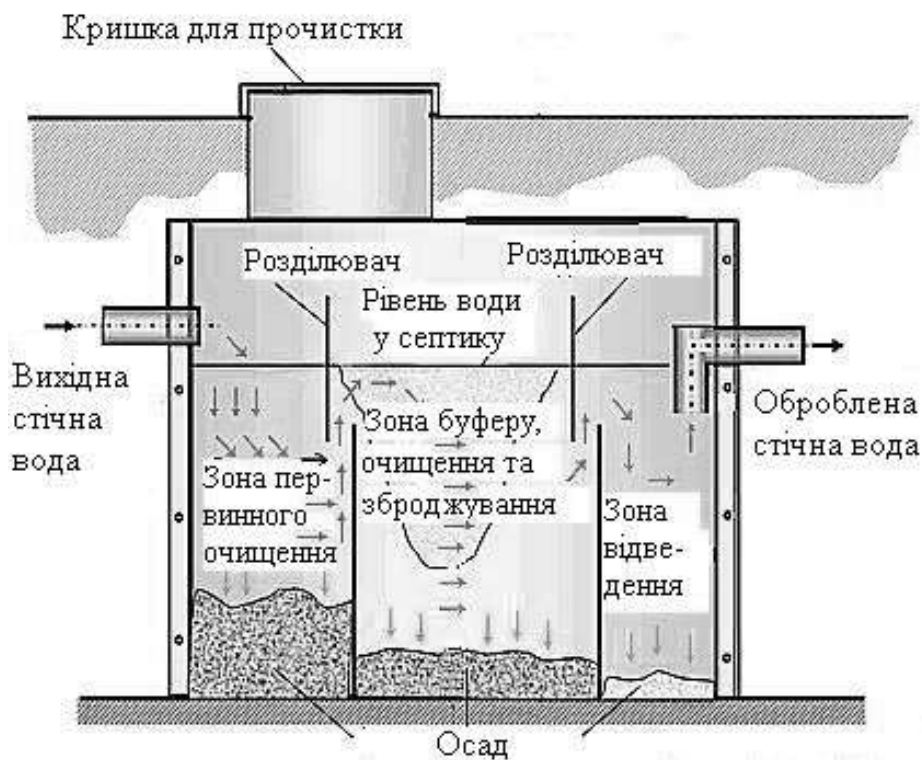


Рис. 4.3 – Принцип дії септика

На рис. 4.4 приведена схема двокамерного септика із залізобетонних кілець діаметром 2000 мм. Впускання та випуск води в ньому здійснюють за допомогою трійників, нижні кінці яких занурені в рідину нижче за кірку, а верхні – відкриті та доступні для прочищення. Вода поступає з однієї камери септика в іншу через затоплені отвори в стінках. Для затримання плаваючих речовин перед відповідною трубою встановлюють спеціальний щит, верхня частина якого перевищує рівень води в септику не менше, ніж на 20 см. Для вивантаження осаду в камерах септика

влаштовують люки-лази; вентиляцію камер здійснюють за допомогою вентиляційних стояків. Об'єм зони відстоювання септиків визначають з розрахунку тридобового перебування стічних вод при витраті до $5 \text{ м}^3/\text{доб.}$ і 2,5-добового перебування - при витраті понад $5 \text{ м}^3/\text{доб.}$

Тривалість перебування осаду в септиках складає 6-12 місяців. Унаслідок безперервного надходження нових порцій свіжого осаду, в септиках відбувається тільки перша фаза – кисле бродіння. При цьому розпад сухої речовини осаду складає близько 30%, середня вологість зброженого осаду – 90%, хоча в нижніх шарах він ущільнюється до вологості 85%. Гази бродіння піднімають на поверхню септика частинки осаду, що приводить до створення ущільненої кірки товщиною 0,35-0,4 м, а іноді й до 1 м. Осад з септиків видаляється за допомогою насосів, а 20% його залишають як «затравку».

Стічні води, що виходять з септика, набувають неприємного запаху сірководня й аміаку, мають слабокислу реакцію. Подальше їх біологічне очищення складніше, ніж очищення свіжих стічних вод.

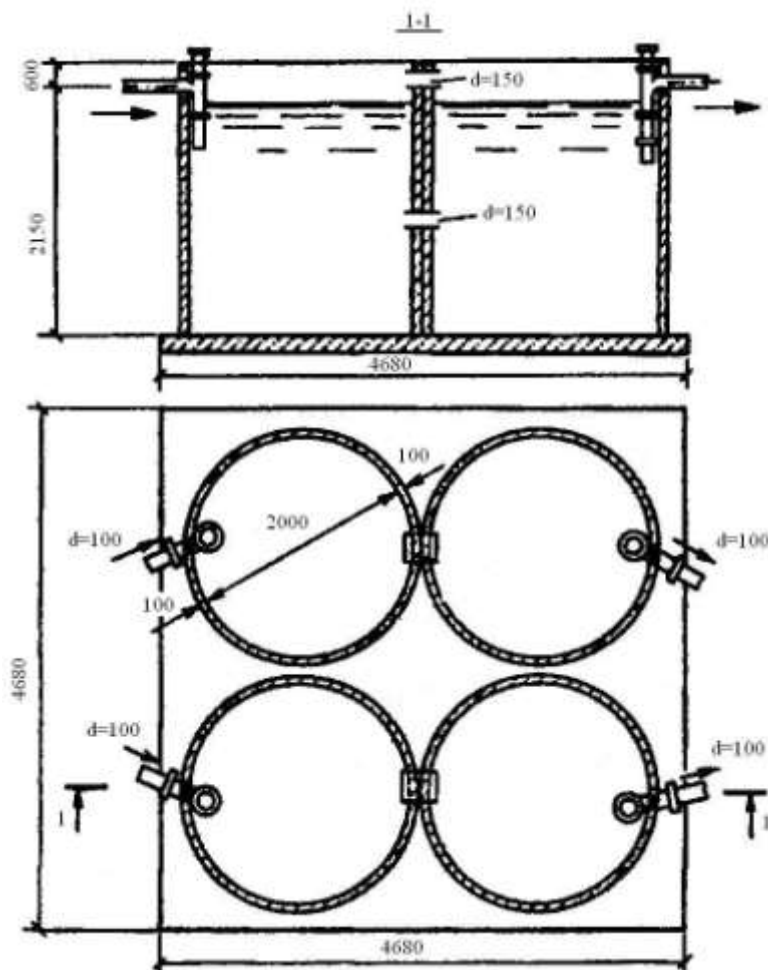


Рис. 4.4– Двокамерний септик із залізобетонних кілець

Двоярусні відстійники застосовують для попереднього освітлення стічних вод і одночасного анаеробного зброджування утворюваного осаду, а також надлишкової біоплівки або надлишкового активного мула.

Звичайно це круглі (іноді прямокутні) в плані споруди з конічним (пірамідальним) дном. У верхній частині споруди розміщені відстійні жолоби, нижня частина (мулова або септична камера) виконує функції камери зброджування (рис. 4.5).

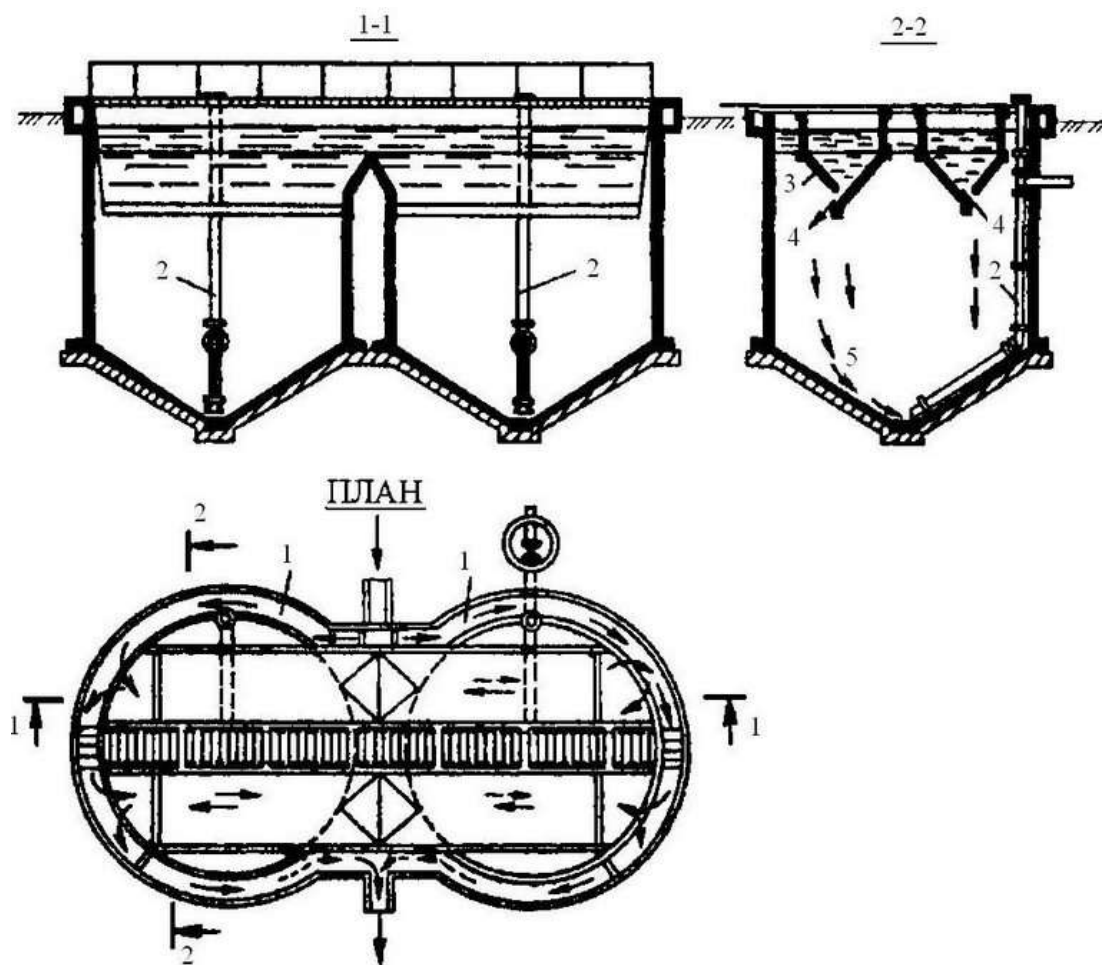


Рис. 4.5 – Парний двоярусний відстійник с двома жолобами:
 1 – розподільний лоток; 2 – мулова труба для вивантаження;
 3 – відстійний жолоб; 4 – розвантажувально-завантажувальна щілина;
 5 – камера зброджування осаду

Впускання і випуск стічних вод в жолоби здійснюють як і в звичайних горизонтальних відстійниках – через впускний і випускний лотки з напівзанурювальними дошками. Осад, який випадає на похилі стінки нижньої частини жолобів (кут нахилу до горизонту зверху 50°), мимоволі сповзає до щілин в дні та провалюється в мулову камеру. Щілини мають ширину 0,15 м, їх перекривають продовження однієї з

похилих стінок на 0,15 м для запобігання попаданню в жолоб газів бродіння. Тривалість освітлення стічних вод у відстійних жолобах складає 1,5 год., а ефективності їх освітлення – 40-50%. Для підвищення ефективності освітлення стічних вод жолоба двох сусідніх двоярусних відстійників влаштовують спареними.

На відміну від септиків, в мулових камерах двоярусних відстійників відбувається метанове бродіння осаду в психрофільних умовах. Тривалість зброджування складає 60-120 діб, а розпад беззольної речовини осаду – 40%. Надлишкову біоплівку або надлишковий активний мул подають для зброджування безпосередньо в мулову камеру. Із-за значного впливу температури на протікання процесів зброджування необхідно здійснювати заходи щодо запобігання переохолодженню мулової частини двоярусних відстійників.

Перемішування осаду в мулових камерах двоярусних відстійників здійснюють тільки за рахунок бульбашок газів бродіння, які піднімаються на поверхню споруди. Осад, який знаходиться в нижніх шарах мулової камери, практично не перемішується, що сповільнює процес його зброджування, він злежується й ущільнюється під дією власної ваги до вологості 85%. Середня вологість осаду, який випускають із споруди під гідростатичним тиском, складає 90%.

Частинки осаду, що піднімаються газами бродіння на поверхню двоярусних відстійників, утворюють кірку на поверхні, не зайнятій відстійними жолобами. Взимку вона утеплює споруду, але, досягаючи значної товщини, кірка заважає нормальній експлуатації. Тому кірку періодично розбивають і занурюють у воду. Для запобігання швидкому накопиченню кірки площа, не зайнята відстійними жолобами, повинна складати не менше 20% загальної площі дзеркала води, а відстань між стінками сусідніх відстійних жолобів – не менше 0,5 м.

Перевагами двоярусних відстійників є простота конструкції і експлуатації. Але їм властиві й значні недоліки: велика глибина споруд, що збільшує вартість їх будівництва; необхідність розміщення в опалюваних приміщеннях в районах з низькими зимовими температурами; можливість зменшення до 30% ефекту освітлення стічних вод із-за проникнення в жолоби газів бродіння та частинок зброженого осаду; вірогідність забивання щілин в жолобах «зверху» при високій концентрації

завислих речовин в стічних водах або «знизу» кіркою, утвореною на поверхні; ущільнення осаду в нижній частині мулової камери до вологості 85%, при якій процеси зброджування значно сповільнюються.

Подальшим розвитком конструкції двоярусних відстійників є **освітлювачі-перегнивачі** - споруди, які складаються із освітлювача з природною аерацією, концентрично розміщеного в середині перегнивача.

В освітлювачі з природною аерацією вона здійснюється за рахунок підсосу атмосферного повітря потоком стічних вод, який виливається в центральну трубу з підвідного лотка. Для того, щоб бульбашки атмосферного повітря захоплювалися потоком стічних вод і транспортувалися разом з ним вниз до виходу в камеру флокуляції, різниця відміток рівнів води в підвідному лотку та в освітлювачі повинна складати 0,6 м, а швидкість руху стічних вод в центральній трубі – 0,5-0,7 м/с. У камері флокуляції бульбашки повітря спливають і аерують стічну рідину, що сприяє флокуляції суспензії. Тривалість перебування стічних вод у камері флокуляції складає 20 хв., глибину камери приймають 4-5 м.

У зоні відстоювання освітлювача формується шар завислого осаду, при проходженні стічних вод через нього відбувається затримання дрібнодисперсних завислих речовин. При цьому швидкість висхідного потоку стічних вод в зоні відстоювання повинна складати 0,8-1,5 мм/с. Освітлені стічні води відводять через круговий периферійний лоток.

Затриманий осад під гідростатичним тиском поступає в насосну станцію і його подають далі в перегнивач по напірному трубопроводу, який закінчується над перегнивачем двома напівкільцевими трубопроводами з уприскувачами, направленими під кутом 45° до поверхні осаду. Цей же трубопровід служить для перемішування вмісту перегнивача та запобігання утворенню кірки на його поверхні. Для щоденного перемішування впродовж 3-4 год. осад відбирають з перегнивача за допомогою мулового трубопроводу (рис. 4.6).

Порівняно з двоярусними відстійниками освітлювачі-перегнивачі мають істотні переваги, які полягають в наступному:

1. Освітлювач і перегнивач відокремлені один від одного, що унеможливорює попадання зброджуваного осаду в зону освітлення та забезпечує зниження концентрації завислих речовин в стічних водах на 70% і БПК_{повн} на 15%.

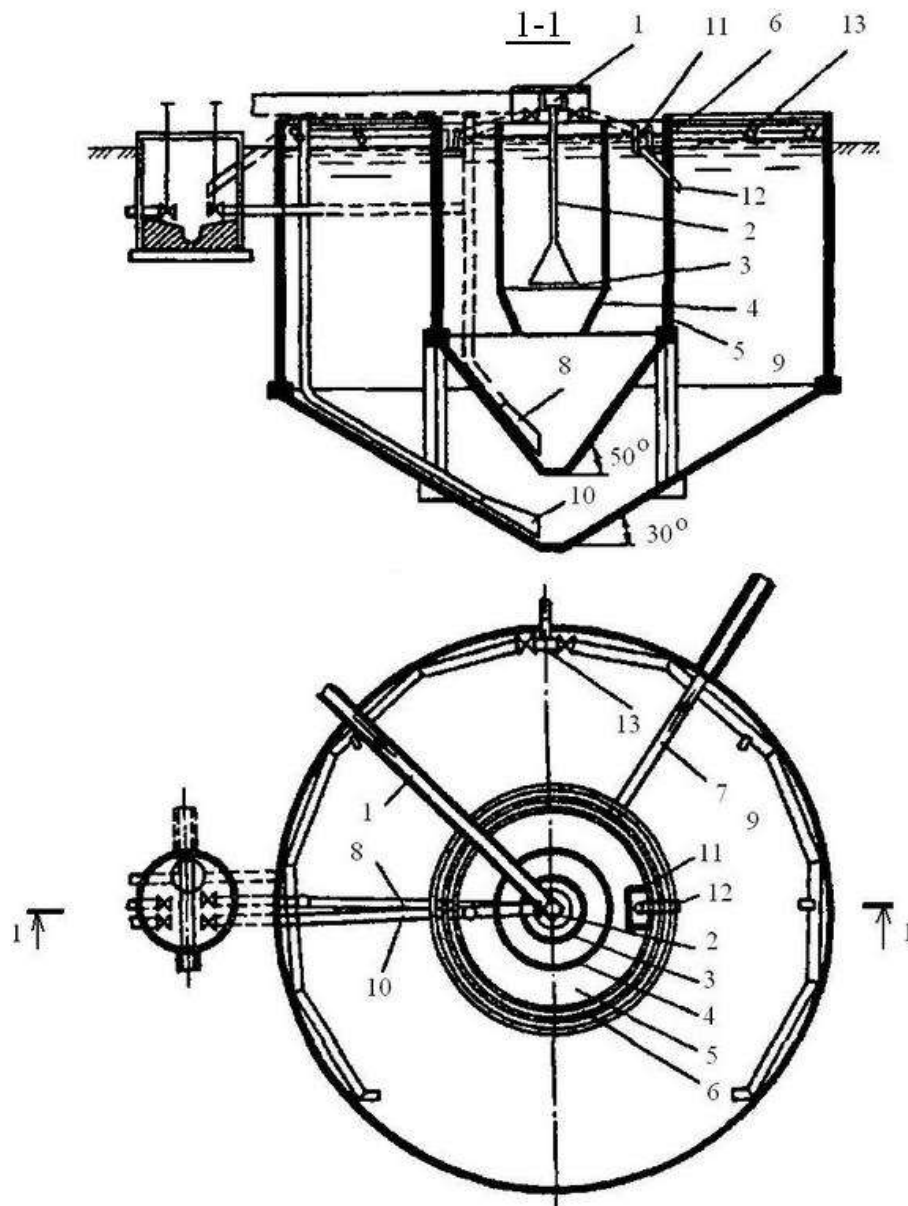


Рис. 4.6 – Освітлювач-перегнівач:

1 – подаючий лоток; 2 – центральна труба; 3 – відбивний щит; 4 – камера флокуляції; 5 – зона відстоювання (освітлювач); 6 – збірний лоток;
7 – відведення освітлених стічних вод; 8 – мулова труба; 9 – камера для зброджування осаду (перегнівач); 10 – труба для видалення збродженого осаду; 11, 12 – лоток та труба для видаленні кірки; 13 – мулорозподільна труба

2. Переміщення осаду в перегнівачі сприяє інтенсифікації його зброджування, робить неможливим утворення кірки на поверхні та ущільнення осаду в нижній частині освітлювача.

Надлишкову біоплівку й надлишковий активний мул подають для зброджування безпосередньо в мулову частину споруди. Тривалість перебування осаду в перегнівачі визначається його вологістю, температурою зброджування і складає 20-140 діб (при вологості осаду 95%

доза завантаження складає 0,72-5,0%).

Завдяки розміщенню освітлювача в середині перегнивача (так само, як і відстійних жолобів у двоярусних відстійниках) температура осаду в освітлювачах-перегнивачах відповідає температурі очищуваних стічних вод.

Типові освітлювачі-перегнивачі мають діаметр 9, 12 і 15; їх компонують у вузли з двох або чотирьох споруд.

Метантенки є резервуарами для анаеробного зброджування сирого осаду, надлишкового активного мула або біоплівки, а також їх сумішей. На відміну від двоярусних відстійників і освітлювачів-перегнивачів у метантенках здійснюють підігрівання осадів, їх інтенсивне перемішування та утилізацію утворюваного біогазу.

У метантенках приймають мезофільний ($t=33^{\circ}\text{C}$) або термофільний ($t=53^{\circ}\text{C}$) режим зброджування. На більшості очисних станцій зброджування здійснюють в мезофільних умовах, що дає можливість вироблення біогазу в кількості, достатній як для підігріву метантенків, так і для отримання додаткового тепла. Термофільний процес дає можливість в 2 рази прискорити розпад органічної речовини та поліпшити санітарно-гігієнічні показники осадів, проте вимагає майже вдвічі більшої витрати тепла.

Час перебування осаду в метантенках при мезофільному режимі складає 20-25 діб. Перевагами такої обробки є високий розпад беззольної речовини осаду (і відповідно вихід біогазу), його добрі водовіддаючі властивості, а також мінімальна витрата тепла на підтримку необхідної температури. Проте тривалий час перебування осаду в метантенках вимагає дуже великих капітальних витрат на стадії будівництва.

При термофільному процесі зброджування час перебування осаду в метантенках складає 5-7 діб. Практика експлуатації метантенків при термофільному режимі показала, що одержані технологічні результати (розпад органічної речовини, водовіддаючі властивості осаду) далекі від досконалості.

Мають місце спроби поєднати переваги мезофільного і термофільного процесів. Ключовою стадією процесу зброджування осадів стічних вод є гідроліз твердої речовини, тому доцільно цю стадію проводити в інтенсивнішому (термофільному) режимі. Надалі процес раціонально проводити в мезофільних умовах для набуття оптимальних

водовіддаючих властивостей осаду.

Також встановлено, що є стійка тенденція збільшення розпаду твердої фази осаду і виходу летких жирних кислот із збільшенням температури першої фази до 65°C.

Пропонована технологія двофазного зброджування осадів міських стічних вод [5], заснована на екстратермофільному режимі роботи реакторів першої фази (температура 65°C, час перебування осаду 0,6-1 діб.) і мезофільному режимі другої фази (температура 30°C, час перебування осаду не менше 10 діб.), забезпечує істотне збільшення розпаду беззольної речовини осаду порівняно із звичайним мезофільним режимом в 1,2-1,6 разів залежно від концентрації осаду. Двофазна технологія зброджування повинна забезпечити зниження дози флокулянта при подальшому механічному зневодненні на 40-50%.

При зброджуванні розпад органічної речовини осадів складає 43-53%, відповідно зменшується кількість сухої речовини та підвищується вологість осадів. Склад утворюваного біогазу: метан – 60-70%, вуглекислий газ – 16-34%, азот – до 3%, водень – до 3%, кисень – 0,4%, оксид вуглецю – 2-4%. Теплотворна здатність метану 5000-5500 ккал/м³.

Залежно від виду, кількості зброджуваного субстрату та режиму зброджування метантенки мають різні конструктивні виконання (рис. 4.7). Найбільш характерні форми метантенків такі:

- ▶ овальна або яйцеподібна;
- ▶ циліндрична;
- ▶ циліндрична з конусною верхньою або нижньою частиною;
- ▶ циліндрична з конусною верхньою та нижньою частинами.

У реакторах овальної форми створюють найкращі умови для перемішування, відводу збродженого осаду і руйнування плаваючої кірки.

В циліндричних реакторах умови для руху рідини та перемішування субстрату менш сприятливі. Такі реактори потребують значних питомих витрат енергії. Перевага їх в технологічності виготовлення (використовують сталь та залізобетонні плити).

Циліндричні реактори з конічною верхньою та нижньою частинами забезпечують видалення зверху корки, знизу – мінералізованого субстрату, та за умовами сприяння перемішуванню наближаються до реакторів овальної форми.

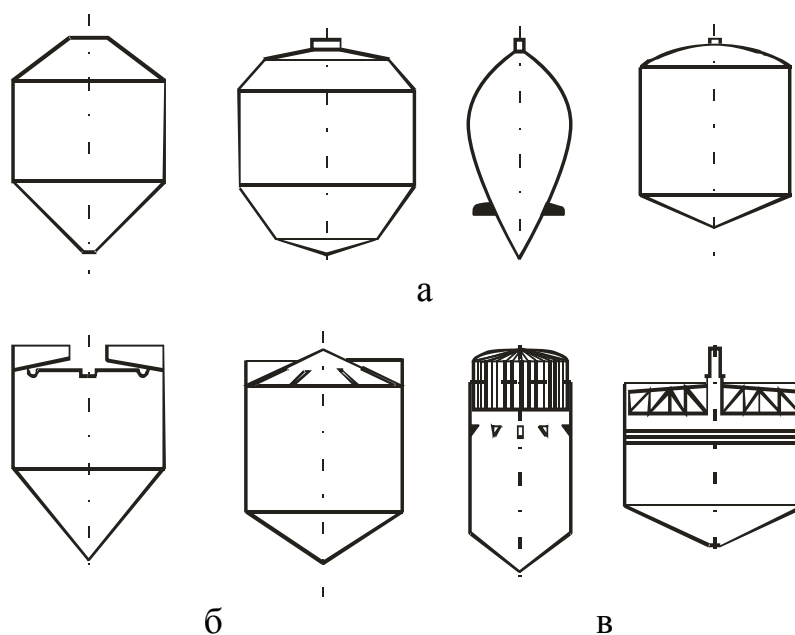


Рис. 4.7 – Вживані конструкції метантенків:

а – з нерухомим незатопленим перекриттям; б – з нерухомим затопленим перекриттям; в – з плаваючим перекриттям

Яйцеподібна форма є послідовним удосконаленням і оптимізацією класичної європейської форми реакторів метантенків, якій віддається перевага, починаючи з об'єму 5000 м³. В той же час найбільший реалізований одиничний об'єм складає 16670 м³. Така форма резервуару метантенка має максимальний об'єм при мінімальній площі поверхні, дозволяє скоротити матеріаломісткість при будівництві й тепловтрати при експлуатації.

У верхній частині півсферичного перекриття метантенков розташована горловина (рис. 4.8, 4.9). Поверхня зброджуваної маси знаходиться вище за основу горловини, тому площа вільного дзеркала осаду в метантенках досить мала, що збільшує інтенсивність газовиділення на одиницю площі та зменшує небезпеку утворення кірки. У верхній частині перекриття є ковпак для збору газу.

Перемішування осаду в метантенках здійснюють впродовж 2-5 год. на добу. У них також відбувається природне перемішування осаду, обумовлене виділенням і підйомом бульбашок газу. Об'єднання цього явища з частим або тривалим завантаженням метантенка, замість завантаження його великими порціями, дозволяє понизити витрати на перемішування осаду.

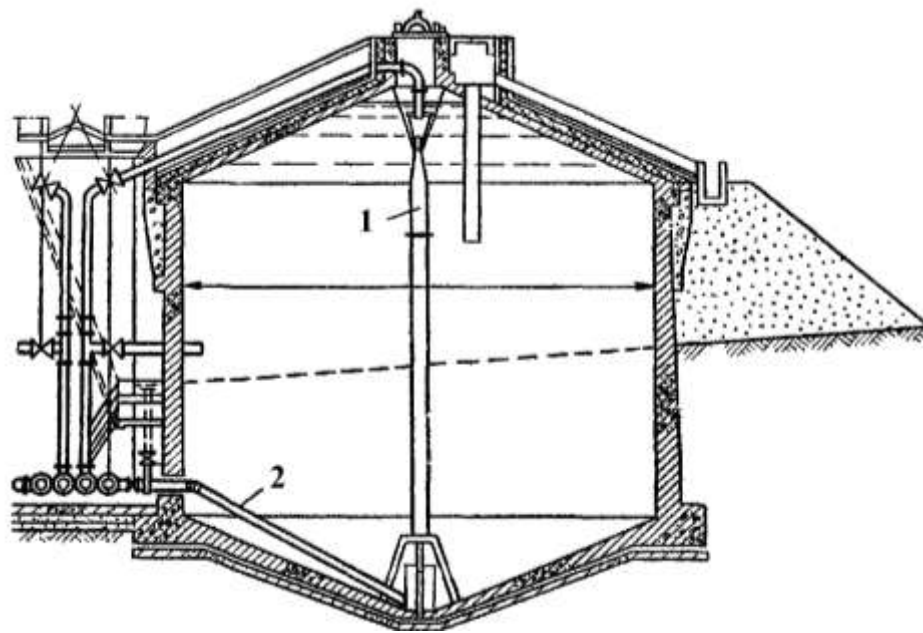


Рис. 4.8 – Принципова схема метантенка з нерухомим незатопленим перекриттям:

1 – гідроелеватор; 2 – випуск мула

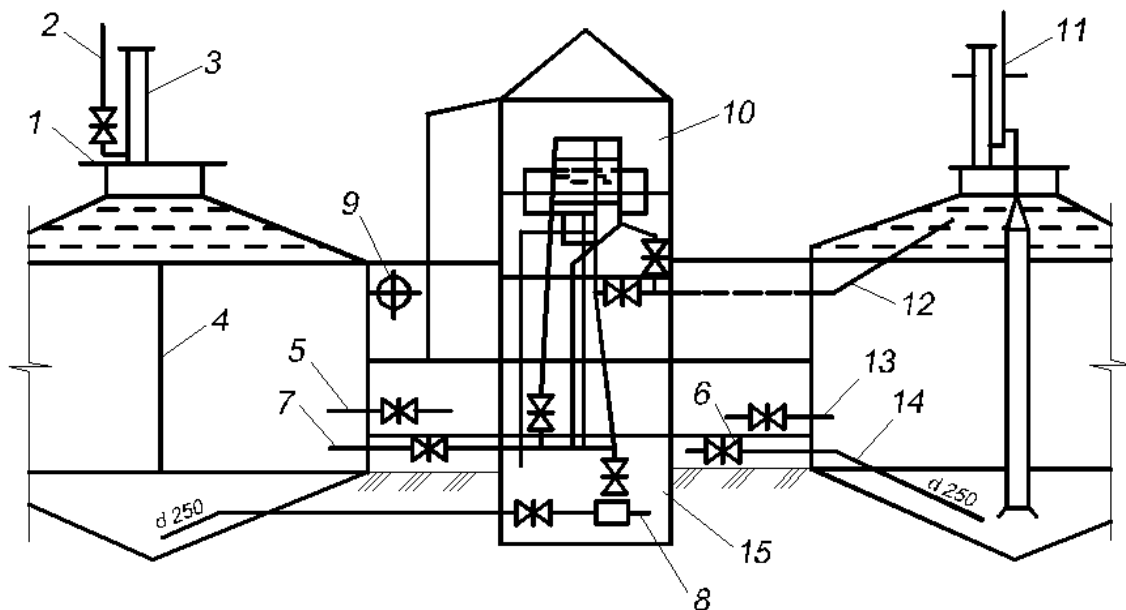


Рис. 4.9 – Розріз метантенків і галереї управління:

1 – місток обслуговування; 2 – свічка; 3 – газовий ковпак;
4 – металева драбина; 5 – напірний трубопровід інжектора;
6 – приміщення інжектора; 7 – трубопровід випуску збродженого осадку; 8 – трубопровід спорожнення; 9 – газопровід; 10 – приміщення розподільних камер; 11 – таль; 12 – трубопровід для подачі сирого осадку;
13 – всмоктуючий трубопровід інжектора; 14 – трубопровід випуску збродженого осадку; 15 – приміщення насосної станції

Спосіб перемішування мула в метантенку має бути розрахований таким чином, щоб загальний об'єм зброджуваного осадку перемішувався не

менше, ніж 5 разів на добу. Для якісного перемішування субстрату доцільно використовувати комбінований спосіб: мішалки й насоси завантаження сирого осаду.

Частково необхідний ступінь перемішування забезпечується системою подачі сирого осаду за допомогою регульованих об'ємних насосів збродженого осаду крізь змішуючий інжектор до контуру перемішування нагрітого осаду.

Перемішування здійснюють декількома способами (рис. 4.10):

- гідроелеваторами, в яких робочою рідиною служить осад, який подають насосом з нижньої зони метантенка;
- пропелерними мішалками (у вертикальному напрямі), які розміщують в центральній трубі в середині метантенка;
- насосами без гідроелеваторів;
- рециркуляцією газів бродіння за допомогою компресорів;
- за допомогою пристроїв для підігрівання осаду (паровими інжекторами); одночасно відбувається підігрів вмісту метантенка гострою парою.

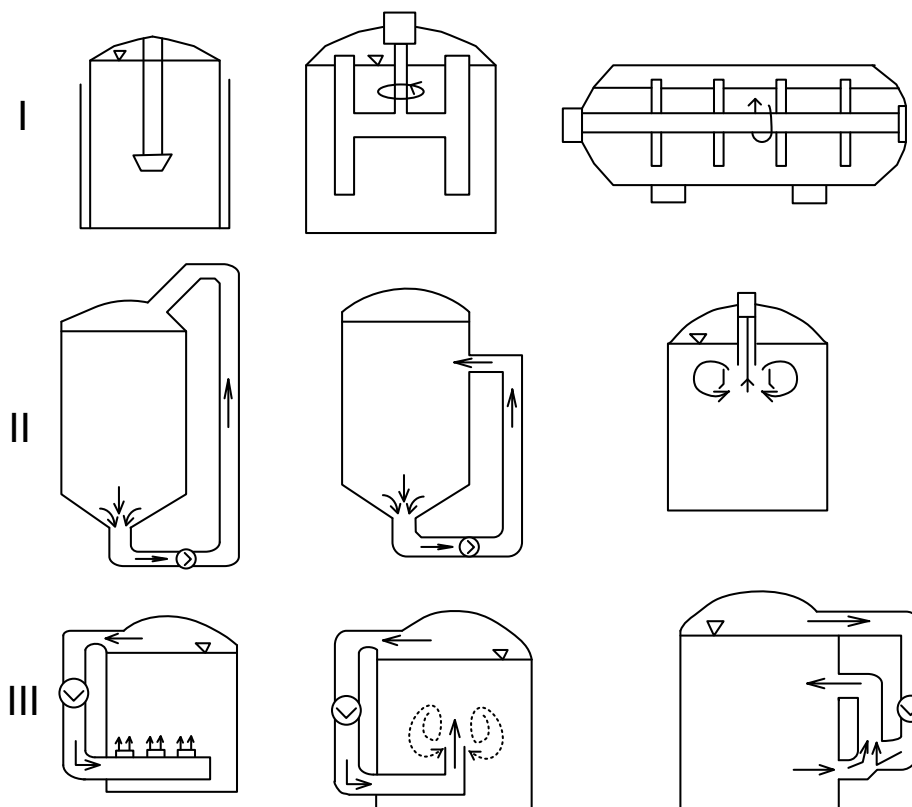


Рис. 4.10 – Схеми пристроїв для перемішування осаду в метантенках:
I - механічні; II - гідравлічні; III – газові

Найбільш доцільно для перемішування осаду в метантенках використовувати мішалки. Але пропелерні мішалки, які встановлюють в трубі (рис. 4.11, а), - малоефективні, створюють лише місцеве перемішування, в експлуатації ненадійні, у разі заміни потребують спорожнення резервуару метантенків. Тому має сенс застосування занурених мішалок, наприклад типу „SCABA” (рис. 4.11, б) або „FLYGT”. Застосування подібних мішалок має такі переваги:

- ▶ низькі енерговитрати;
- ▶ контрольована циркуляція осаду;
- ▶ рівномірний розподіл температури в об'ємі метантенка;
- ▶ відмінна здатність руйнування кірки;
- ▶ велика продуктивність;
- ▶ надійність.

Теплоізоляцію метантенка забезпечують за рахунок обваловки резервуару землею (або обкладання цеглиною з теплоізолюючим шаром) і покриття куполу багат шаровим утепленням перекриттям.

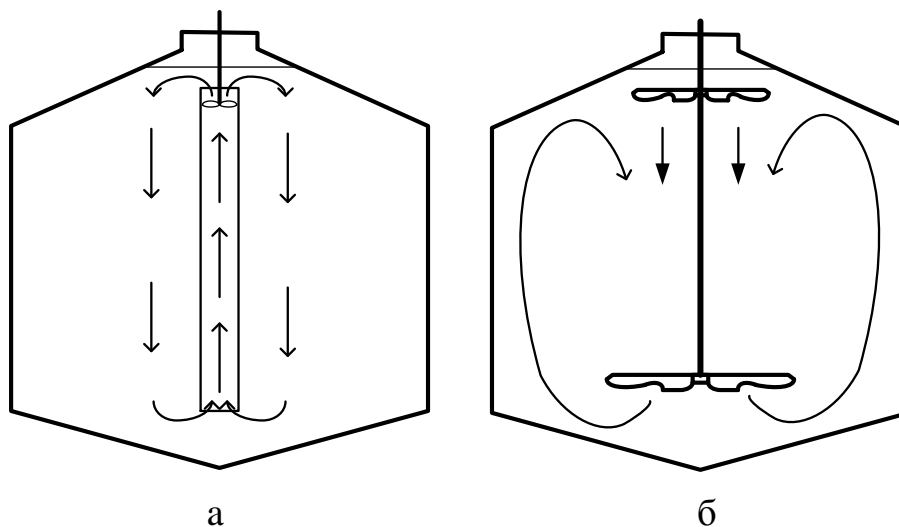


Рис. 4.11 - Перемішування осаду в метантенках пропелерними мішалками, встановленими в центральній трубі (а), та зануреними мішалками (б)

Сучасні метантенки працюють як проточні реактори, тобто при завантажуванні сирим осадом з них автоматично витісняється аналогічна кількість зброженого осаду. Враховуючи, що у цьому випадку не відбувається розшарування осаду і не треба відводити мулову воду, можна вважати, що розподіл сухої речовини в середині метантенка приблизно однаковий.

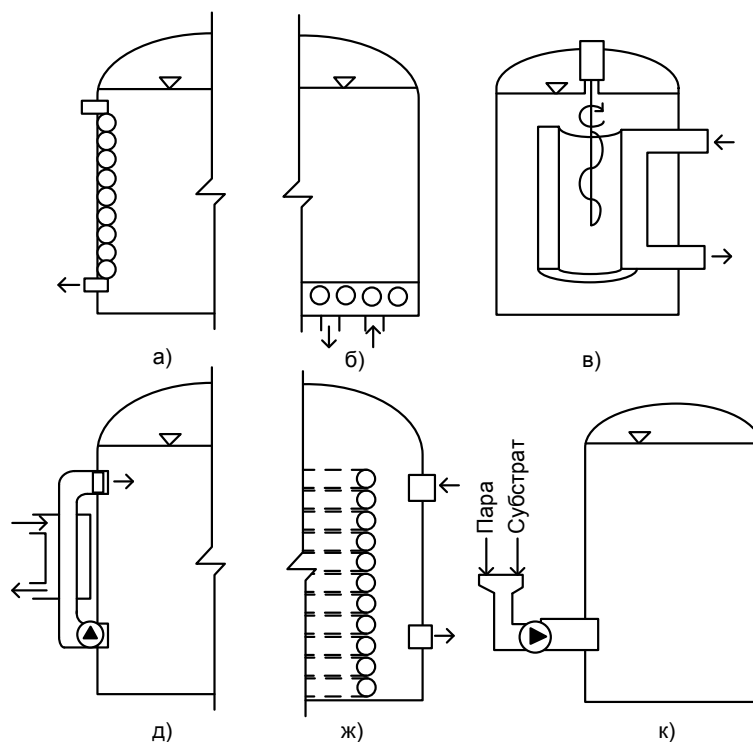


Рис. 4.12 - Схеми нагрівальних пристроїв:

а – настінного; б – донного; в - розміщеного у опалювальному циліндрі;
 д - розміщеного за реактором; ж - у вигляді змійовика, к - що використовує пару

Виходячи з цього, осад можна відводити також з поверхні в головці метантенку. Відведення осаду з головки метантенка дає можливість видаляти піну та плавучі речовини. Однак, основний випуск зброженого осаду має бути з нижньої частини метантенка.

В останній час підвищуються вимоги до якості очищення стічних вод, тому зростають об'єми надлишкового мулу. Надлишковий мул піддається анаеробному зброджуванню набагато складніше, ніж осад первинних відстійників. Тому для покращення здатності до розкладу надлишкового мулу застосовують у великому обсязі та з успіхом установки для подрібнення надлишкового мулу з використанням потужного ультразвуку. При цьому достатньо обробляти тільки 1/3 загальної кількості надлишкового мулу з питомою витратою енергії біля 7 кВт/м³. Таке подрібнення дозволяє досягнути суттєвого поліпшення розкладу органічної речовини надлишкового мулу при анаеробному зброджуванні та значно збільшити кількість біогазу. Додатковою, але значною перевагою подрібнення надлишкового мулу з використанням

ультразвуку є те, що пригнічується утворення піни у метантенках, яка виникає від схильного до піноутворення надлишкового мулу.

Під оптимальним анаеробним зброджуванням осадів стічних вод розуміють відповідність таким вимогам:

- завантаження сучасних метантенків сирим осадом з відносно високим вмістом твердої речовини (~6-8%) з метою економії об'єму реакторів;
- інтенсивне перемішування внаслідок підвищеного вмісту твердої речовини для можливості роботи у режимі, схожому з реакторним;
- не проводиться відведення мулової води, оскільки через підвищений вміст твердої речовини вже не відбувається розшарування осаду;
- робота метантенків в режимі реакторів, тобто з безперервним завантаженням протягом 24 годин.

Для забезпечення оптимального режиму процесу анаеробного бродіння слід здійснювати постійний контроль наступних параметрів:

- ◆ температури завантажуваного і розвантажуваного осаду, гарячої води (прямої та зворотної), що подається до теплообмінників нагріву завантажуваного осаду, біогазу;
- ◆ об'єму осаду, що завантажується в реактори, а також об'єму надлишкового мулу і осаду первинних відстійників, об'єму біогазу, що утворюється в реакторах, об'єму теплоносія (гарячої води) теплообмінників нагріву осаду;
- ◆ тиску біогазу, тиску осаду, гарячої води біля теплообмінників осаду;
- ◆ рН збродженого осаду;
- ◆ рівню осаду в камері вивантаження збродженого осаду;
- ◆ вмісту метану (CH_4) в біогазі;
- ◆ вмісту органічної речовини в осаді.

Виходячи із характеристики процесу зброджування та його технології, можна виділити такі основні вимоги до реакторів:

- абсолютна герметичність стінок, що перешкоджає газообміну;
- герметичність для рідини;
- збереження міцності в статичному стані при дії власної сили тяжіння та маси завантаженого субстрату;
- достатня товщина теплоізоляції;

- корозійна стійкість;
- надійність процесів завантаження і розвантаження;
- доступність внутрішнього простору для обслуговування.

У метантенках відбувається розпад (мінералізація) органічних речовин осаду за рахунок діяльності анаеробних мікроорганізмів, в процесі чого виділяється метан (CH_4) і двоокис вуглецю (CO_2). Ступінь розпаду органічної речовини складає в середньому 40%. Газ містить до 64% метану, 33% - азоту і водню.

Кількість газу, що виходить при зброджуванні осаду, залежить від складу осаду і на різних очисних спорудах коливається в значних межах. В середньому вихід газу на 1 м^3 завантажуваної суміші осаду та мула складає 12 м^3 . Розрахувати сумарний вихід газу можна за формулою

$$\Gamma = \frac{R_r \cdot M_{\text{без}}}{100}, \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (4.4)$$

де R_r - розпад беззольної речовини осаду, %;

$M_{\text{без}}$ - кількість беззольної речовини осаду, $\text{м}^3/\text{доб.}$

Інтенсивність зброджування залежить від температури бродіння, співвідношення між кількістю осаду, що знов поступає, і кількістю вже зрілого осаду, тобто добової дози завантаження, яке у свою чергу залежить від режиму зброджування і вологості завантажуваного осаду (чим менше вологість, тим нижче доза (див. табл. 59 [40]) і від перемішування. Причому фактором, що визначає швидкість процесу бродіння органічних речовин, є температура. Чим менше завантаження, тим глибше розпад осаду.

Розрахунок метантенків полягає в підрахунку кількості осадів, що утворюються на станції, виборі режиму зброджування, визначенні необхідного об'єму споруд, ступеня розпаду беззольної речовини осаду і виходу газу з 1 кг органічної речовини осаду.

Для стабілізації процесів анаеробного зброджування осадів стічних вод та інтенсифікації роботи метантенків необхідно забезпечити:

- попередню підготовку осаду, яка складається з видалення грубодисперсних включень (проціджування осаду) та удосконалення роботи піскоуловлювачів для зменшення мінеральної складової осаду первинних відстійників;

- безперервне завантажування-розвантажування осадів, що дасть можливість стабілізувати швидкість анаеробного розкладання органічної складової зброджуваного осаду і забезпечить рівномірне виділення біогазу протягом доби;
- перемішування осаду в резервуарах метантенків з оптимальною інтенсивністю, що забезпечить ефективне використання всього об'єму резервуару, виключить утворення мертвих зон, розшарування осаду, відкладання мінералізованого осаду та утворення кірки, а також сприятиме вирівнюванню температурного поля та покращенню газоутворення;
- підтримання оптимальної температури режиму зброджування (мезофільного 32-35°C, термофільного 52-55°C);
- завантажування попередньо підігрітого осаду вважається за краще, тому що надходження холодного осаду сповільняє процес анаеробного зброджування;
- нагрівання завантажувального осаду краще проводити в теплообмінниках «вода-осад», тому що подача пари до резервуару метантенків збільшує вологість зброджуваного осаду, веде до повної втрати конденсату та збільшує експлуатаційні витрати. Крім того, висока температура пари (вище 100°C) негативно впливає на анаеробні мікроорганізми.

Суттєвим пунктом оптимізації анаеробного зброджування осадів є мінімізація кількості осаду для зменшення об'єму реакторів. Це досягається за рахунок зменшення вологості осаду, що завантажується в реактори. Осад первинних відстійників і надлишковий мул слід роздільно відбирати та ущільнювати до вологості 95%.

Вологість осаду первинних відстійників може бути зменшена до 95% у відповідним чином розрахованих бункерах для осадів в первинних відстійниках.

Надлишковий мул має високу вологість - 99,2-99,6%. У разі гравітаційного ущільнення надлишкового мулу можуть бути досягнені величини вологості 96,5-97,3%, тому слід застосовувати механічне згущення.

Останнім часом метантенки експлуатують як повністю проточні реактори з перемішуванням, тому завантаження має проводитись за

можливістю безперервно та рівномірно протягом доби. Взагалі сирий осад для досягнення рівномірного розподілу субстрату має завантажуватися в метантенки вже попередньо підігрітим та змішаним із збродженим осадом. Співвідношення суміші сирого та збродженого осаду повинно складати приблизно 1:10.

Безперервне завантаження є суттєвою складовою оптимального режиму зброджування як з точки зору самого процесу, так і з точки зору використання обладнання (об'єм газгольдерів, обладнання нагріву осаду тощо).

Для усунення нерівномірності виходу біогазу з метантенків, його акумуляції, вирівнювання тиску і складу газу застосовують *газгольдери*, місткість яких встановлюють відповідно до графіка виходу і споживання газу.

Вид і розміри газгольдерів значною мірою впливають на вартість їх та всієї біогазової установки.

Вартість одного газгольдера наближається до 30-40% загальної вартості комплексу метантенків. Тому з економічної точки зору необхідно шукати нові рішення, які дозволили б знизити витрати на спорудження й обслуговування газгольдерів (це тим важливіше, чим менше продуктивність очисних споруд каналізації) чи розробити надійну схему біогазопостачання очисних споруд каналізації без газгольдера.

Необхідними умовами для безгазгольдерної системи біогазопостачання є:

- забезпечення стійкого процесу анаеробного зброджування з рівномірним завантаженням і вивантаженням осаду;
- раціональний підбір установок і технології з використання біогазу для більш рівномірного його споживання (по заздалегідь розрахованим кривим очікуваного споживання);
- можливість автоматичного переключення установок з біогазу на природний газ або навпаки.

Застосовують такі типи газогольдерів:

- сферичні високого тиску;
- мокрі низького тиску дзвонового типу;
- сухі низького тиску манжетного типу;
- оболонкові низького тиску;

- найпростіші.

У комунальному господарстві звичайно застосовують мокрі газгольдини дзвоного типу, зрідка оболонкові низького тиску.

Для газгольдинів високого тиску (0,8-1 МПа) вибирають резервуари сферичної форми. Розраховані вони на максимальний тиск до 1,8 МПа, місткість їх 10-100 тис. м³, будують і невеликі (на 10-20 м³) газгольдини високого тиску. Перевага розглянутих газгольдинів - відсутність частин, що рухаються, недолік - необхідність у компресорній установці.

Місткість мокрих газгольдинів низького тиску (менше 5 КПа) дзвоного типу складає 1000-30000 м³ газу. До місткості 1500 м³ їх роблять, як правило, однопіднімальними, при більшій місткості - багатопіднімальними. Взимку такі газгольдини необхідно опалювати через можливість заморожування.

Сухий газгольдин низького тиску манжетного типу відрізняється тим, що для збереження постійного тиску він має манжету, що ущільнює, на яку діє вантаж, що переміщається паралельно самому собі (газгольдини дискового типу мають диск, що може рухатися щодо стінок і зберігати положення, паралельно первинному). Такі газгольдини випускають місткістю 200-30000 м³. Робочий тиск газу в них 2-5 кПа. Основу газгольдинів можна герметизувати за допомогою плівки. У середньому такі газгольдини дешевше мокрих на 20%.

Оболонковий газгольдин низького тиску будують на фундаментній плиті середньої міцності. Ємністю для газу служить герметична оболонка. Вантаж, що переміщається паралельно самому собі, чинить на неї постійний тиск. Для захисту від ушкоджень газгольдини встановлюють у спеціальному кожусі.

Тип і об'єм газгольдинів вибирають на підставі техніко-економічних розрахунків.

Газгольдини можуть бути вбудованими в корпус реактора. Такі газгольдини, як правило, розраховані на тиск менше 5 кПа. З метою максимального використання всього об'єму утворюваного біогазу при нерівномірному виході його з метантенків і нерівномірному споживанні рекомендується в проекті біогазової установки передбачити газгольдини з об'ємом, який дорівнює 2-4 об'ємам виходу біогазу.

З газгольдинів біогаз поступає до споживачів.

4.3. Аеробно-анаеробні та анаеробно-аеробні процеси стабілізації

При використанні зброджених осадів в сільському господарстві до них пред'являють достатньо жорсткі санітарно-гігієнічні вимоги, що спричиняє за собою необхідність знезараження осадів, яке може бути досягнуте при термофільному анаеробному збродженні.

Однак унаслідок енергоємності цього процесу і погіршення водовіддаючих властивостей термофільних зброджених осадів цей процес має обмежене застосування. Замість нього може бути використана аеробна термофільна стабілізація, яка у поєднанні з мезофільним збродженням забезпечує біологічну стабілізацію і знезараження осадів, отримання енергії у вигляді біогазу, а в деяких варіантах – поліпшення водовіддаючих властивостей осаду.

Технології анаеробного збродження з попереднім або завершуючим аеробним ступенем базуються на використанні особливостей мікроорганізмів, які здійснюють ці процеси, і на їх різному відношенні до факторів навколишнього середовища (табл. 4.1).

Найбільші перспективи застосування мають аеробно-анаеробні процеси (рис. 4.13).

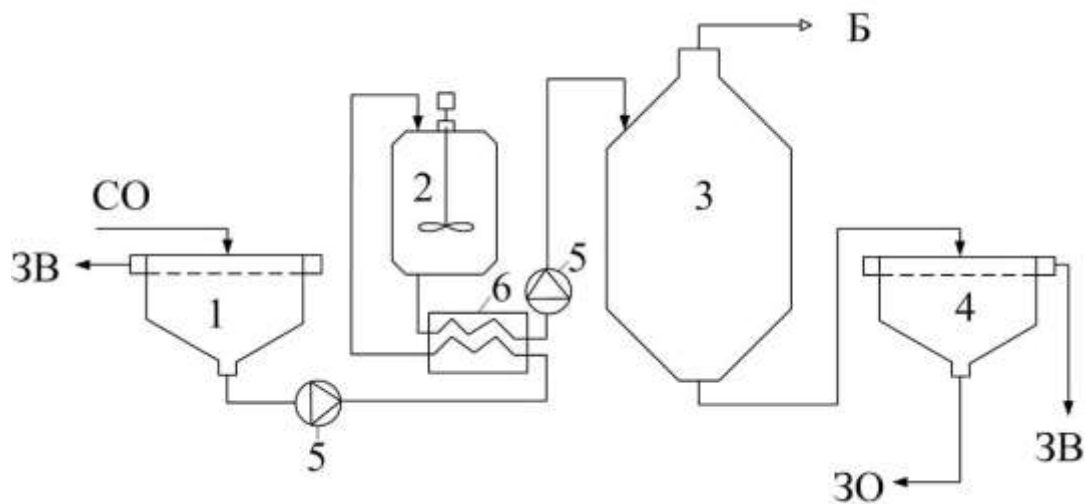


Рис. 4.13 – Схема аеробно-анаеробної стабілізації:

1 – ущільнювач сирого осаду; 2 – аеробний реактор; 3 – анаеробний реактор; 4 – ущільнювач збродженого осаду; 5 – насос; 6 – теплообмінник;
 СО – сирий осад; ЗО – зброджений осад на зневоднення; Б – біогаз;
 ЗВ – зливна вода

Таблиця 4.1 – Особливості аеробних і анаеробних мікробіологічних процесів

Показник	Процес	
	аеробний	анаеробний
Виграш в біологічно використовуваній енергії	Високий	Низький
Саморозігрів осаду	Є	Немає
Енергетичний рівень кінцевого продукту	Низький	Високий
Ступінь мінералізації кінцевого продукту	Глибока	Менш глибока
Приріст мікроорганізмів	Високий	Низький
Біохімічні перетворення в основі процесу	Одностадійні спрощені	Багатостадійні складні
Чутливість до зовнішніх факторів	Низька	Висока
Отримання енергії	Немає	Є
Витрати енергії	Великі	Малі
Водовіддаючі властивості осаду	Поліпшуються або погіршуються залежно від технологічних параметрів	

Попередня аеробна обробка протягом 1-2 діб перед анаеробним зброджуванням значно впливає на загальний результат стабілізації по виходу газу і зниженню концентрації органічної речовини. Продування протягом цього часу осаду на I ступені знижує концентрацію органічної речовини і тим самим навантаження на II анаеробний ступінь. Подальше збільшення тривалості аеробної передобробки приводить до істотного збільшення ступеня аеробного окислення органічної речовини (знижується відношення БПК:ХПК) і зменшення утворення біогазу в анаеробному ступені, при цьому склад газу і його теплота згорання не відрізняються від звичайного одноступінчатого процесу.

В результаті метаболічної активності аеробних мікроорганізмів вивільняється значна кількість енергії, що приводить до підвищення температури в реакторі. Основними факторами, що впливають на ступінь підвищення температури, є подача достатньої кількості кисню повітря або чистого кисню і концентрація сирого осаду у поєднанні з тривалістю стабілізації.

В процесі аеробної попередньої обробки істотно знижується концентрація летючих жирних кислот (ЛЖК), завдяки чому підвищується стабільність осаду, що досягається в анаеробному ступені. Осаджуваність осадів, оброблених аеробно-анаеробним методом, дещо краще, а зневоднюваність дещо гірша, ніж у осадів, добре зброджених в мезофільному одноступінчатому метантенку (протягом 20 діб).

Для комбінованої аеробно-анаеробної схеми збродження з мезофільною анаеробною стадією рекомендують технологічні параметри, приведені в табл. 4.2 (для осадів з концентрацією сухої речовини 4-7%).

Наявний в Європі та США практичний досвід застосування аеробно-анаеробного процесу стабілізації осадів свідчить про його велику надійність і стійкість в умовах нерівномірного надходження осаду, а також за наявності в ньому токсичних для анаеробного процесу хімічних компонентів. Для підтримки необхідної температури в аеробному реакторі він має бути закритим і мати необхідну теплоізоляцію. Крім того, необхідно, особливо в умовах холодного клімату, забезпечити систему рекуперації теплоти стабілізованого осаду і навіть подачу зовнішньої теплоти. Для подачі повітря використовують різні типи аераторів. Слід передбачити також ріжучі пристрої для розбивання піни в аеробному реакторі.

Таблиця 4.2 – Рекомендовані параметри аеробно-анаеробного збродження

Параметр	I стадія (аеробна)	II стадія (анаеробна)
Час перебування, діб	0,5	8
Навантаження за органічною речовиною, кг/(м ³ ·доб.)	60	3,5
Температура, °C	55	35
Витрата енергії, Вт/м ³	120	5
Зниження концентрації органічної речовини, %	8	35
Утворення теплоти в біологічному процесі, кДж/кг органічної речовини, що розпалася	50000	-
Вихід біогазу, м ³ /кг органічної речовини	-	0,3

Даний спосіб дозволяє на 20-30% зменшити об'єм споруд порівняно з одноступінчатим мезофільним збродженням при часі перебування осаду 20 діб. Проте порівняно з одноступінчатим термофільним збродженням,

де використовується короткий час перебування осаду, ця перевага зводиться до мінімуму.

За приведеними витратами даний спосіб не дає значних переваг, проте його надійність, можливість досягнення гігієнічно бездоганих осадів і їх непогані водовіддаючі властивості роблять його конкурентоздатним по відношенню до інших методів стабілізації. Аеробно-анаеробна стабілізація рекомендується для міст з населенням від 50 до 290 тис. жителів. Для крупніших міст доцільне застосування тільки анаеробної стабілізації, для дрібніших – тільки аеробної.

Задовільні результати із знезараження осадів, а також досягнення хороших водовіддаючих властивостей забезпечуються при використанні анаеробно-аеробних процесів (рис. 4.14). У реакторі I ступеня здійснюють анаеробний мезофільний процес з тривалістю перебування осаду від 3 до 20 діб, а в реакторі II ступеня - подальше аеробне розкладання з виділенням теплоти і саморозігріванням осаду до $t=50^{\circ}\text{C}$. При такій схемі зброджування не досягається фазове розділення процесу, оскільки в метантенк поступає осад без попередньої обробки. Анаеробний реактор працює як звичайний одноступінчатий метантенк, в якому при тривалому зброджуванні може бути досягнута глибока стабілізація органічної речовини осаду з високим виходом газу, на що потрібні великі об'єми споруди. При коротшому часі перебування відбувається неповне зброджування осаду і спостерігається втрата 15-20% біогазу.

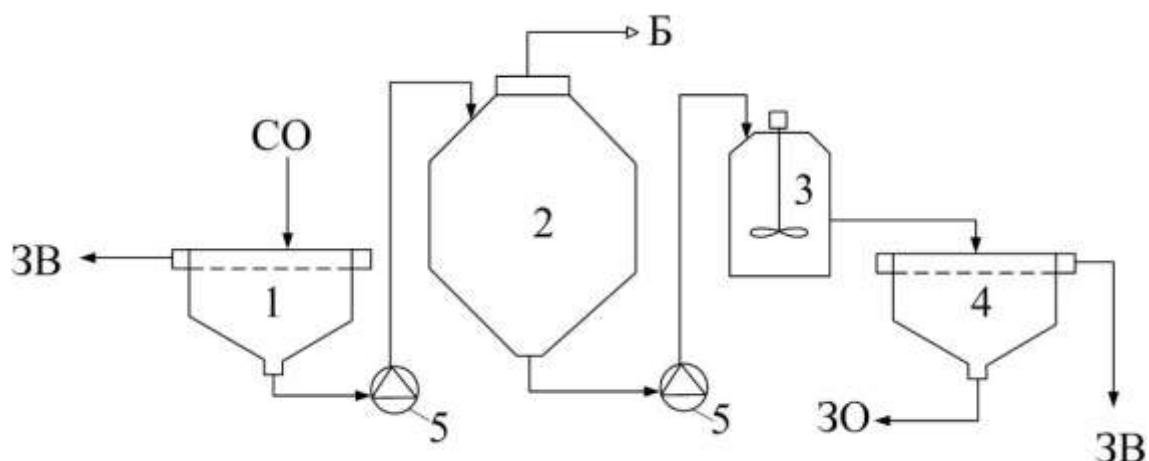


Рис. 4.14 – Схема анаеробно-аеробної стабілізації осаду:

1 – ущільнювач сирого осаду; 2 – анаеробний реактор; 3 – аеробний реактор; 4 – ущільнювач збродженого осаду; 5 – насос; СО – сирий осад; ЗО – зброджений осад на зневоднення; Б – біогаз; ЗВ – зливна вода

У першому випадку аеробний реактор розраховують виходячи з часу і температури, необхідних тільки для знезараження, в другому тривалість аеробного процесу має бути збільшена для досягнення необхідної стабілізації органічної речовини осаду.

Аеробна стабілізація (3-4 доби) після анаеробного зброджування (6 діб при температурі 32°C) дозволяє поліпшити водовіддаючі властивості осадів.

Розроблено декілька варіантів технологічних рішень, заснованих на поєднанні анаеробних і аеробних процесів. Застосування цих рішень повинне було сприяти скороченню витрат електроенергії, отриманню біогазу і підвищенню розпаду осаду і його водовіддаючих властивостей. Перша технологічна схема включає анаеробне зброджування сирого осаду первинних відстійників і його подальшу аеробну стабілізацію спільно з надлишковим активним мулом, друга - аеробну стабілізацію надлишкового активного мула, анаеробне зброджування осаду первинних відстійників, зменшення цих осадів, подальше ущільнення і зневоднення отриманої суміші.

За наслідками досліджень різних варіантів двофазних анаеробних процесів з різними температурними режимами і комбінацією анаеробно-аеробних процесів, а також на основі наявного досвіду їх застосування більшість авторів приходять до висновку, що ці способи найбільш ефективні для інтенсифікації анаеробного зброджування. Переваги їх полягають в досягненні необхідного ступеня стабілізації і знезараження осадів, поліпшенні водовіддаючих властивостей, отриманні біогазу, зменшенні об'ємів споруди. Перераховані переваги переважають недоліки цих технологій, до яких слід насамперед віднести вищу трудомісткість і декілька великі виробничі витрати порівняно з одноступінчатим зброджуванням. Разом з тим не всі комбінації ефективні, а застосування деяких з них неможливе або недоцільно.

Контрольні запитання:

1. Для чого осади стічних вод піддають стабілізації?
2. В яких умовах та спорудах здійснюють стабілізацію осадів стічних вод?

3. Опишіть процес аеробної стабілізації осадів стічних вод.
4. Які споруди використовують для аеробної стабілізації осадів стічних вод?
5. Які чинники впливають на ефективність процесу аеробної стабілізації?
6. Яка тривалість процесу аеробної стабілізації осадів?
7. Опишіть схеми процесу аеробної стабілізації осадів.
8. Як аеробна стабілізація осадів впливає на вміст у їхньому складі патогенної мікрофлори?
9. Назвіть переваги та недоліки аеробних стабілізаторів.
10. Опишіть процес анаеробної стабілізації осадів стічних вод.
11. Назвіть стадії анаеробного метанового зброджування осадів.
12. Назвіть основні технологічні параметри, що визначають ефективність процесу анаеробного зброджування осадів.
13. Як хімічний склад осаду впливає на процес його зброджування?
14. Які є температурні режими життєдіяльності анаеробних мікроорганізмів?
15. Як визначають добову дозу завантаження осаду в камері зброджування?
16. Яке значення має перемішування вмісту камери зброджування?
17. Охарактеризуйте роботу септиків.
18. Охарактеризуйте роботу двоярусних відстійників.
19. Охарактеризуйте роботу освітлювачів-перегнивачів.
20. Охарактеризуйте роботу метантенків.
21. Які режими зброджування можуть бути в метантенках?
22. Яку форму резервуарів метантенків вважають якнайкращою?
23. Як здійснюють перемішування мула в метантенках?
24. Назвіть основні вимоги до реакторів зброджування осадів.
25. Опишіть схеми нагрівальних пристроїв вмісту метантенків.
26. Які заходи необхідно забезпечити для стабілізації процесів анаеробного зброджування осадів стічних вод та інтенсифікації роботи метантенків?
27. Як можна реалізувати аеробно-анаеробні та анаеробно-аеробні процеси стабілізації?
28. Опишіть схему аеробно-анаеробної стабілізації осаду.
29. Опишіть схему анаеробно-аеробної стабілізації осаду.

Тестові завдання:

1. Метою стабілізації осадів є
 - А) збільшення водовіддачі;
 - Б) руйнування біологічно розкладаної частини органічної речовини осаду;
 - В) зменшення їх об'єму;
 - Г) зниження вологості до 50-80%

2. Для якого процесу застосовують термін «зброджування осадів»?
А) анаеробна стабілізація; Б) аеробна стабілізація.
3. Процеси анаеробної стабілізації здійснюють:
А) при доступі кисню повітря; Б) без доступу кисню повітря.
4. Мезофільне зброджування осадів проводять при температурі:
А) 10-30°C; В) 40-50°C;
Б) 20-40°C; Г) 50-70°C.
5. Метантенки для зброджування осадів застосовують при продуктивності станції:
А) до 10 тис. м³/доб.; В) більше 10 тис. м³/доб.;
Б) до 25 м³/доб.; Г) більше 100 тис. м³/доб.
6. Порівняно з двоярусними відстійниками освітлювачі-перегнивачі мають істотні:
А) недоліки; Б) переваги.
7. Яка концентрація активного мула, що подають в аеробний стабілізатор, є оптимальною?
А) 5-10 г/дм³; В) 20-30 г/дм³;
Б) 10-15 г/дм³; Г) 5-30 г/дм³.
8. Скільки взаємопов'язаних стадій включає анаеробне метанове зброджування:
А) 2; В) 4;
Б) 3; Г) 5.
9. У септиках одночасно проходять такі процеси:
А) освітлення та аерація стічних вод; В) стабілізація та знезараження осаду;
Б) освітлення стічних вод і аеробна стабілізація утворюваного при цьому осаду; Г) освітлення стічних вод і анаеробне зброджування утворюваного при цьому осаду.
10. В яких умовах відбувається метанове бродіння осаду в мулових камерах двоярусних відстійників:
А) в психрофільних умовах; В) в термофільних умовах.
Б) в мезофільних умовах;
11. Швидкість розпаду органічної речовини осаду в метантенках при термофільному режимі порівняно з мезофільним:
А) не змінюється; В) трохи збільшується;
Б) зменшується; Г) збільшується в 2 рази.

12. Який газ переважає у складі біогазу, утворюваного при зброджуванні осадів:

- | | |
|------------|---------------------|
| А) азот; | В) метан; |
| Б) водень; | Г) вуглекислий газ. |

13. Яка форма резервуару метантенка вважається за якнайкращу:

- А) кубічна з прямими перекриттями й днищем;
- Б) кубічна з конічними перекриттями й днищем;
- В) циліндрова з прямими перекриттями й днищем;
- Г) циліндрова з конічними перекриттями й днищем.

14. При застосування технології аеробно-анаеробної стабілізації осаду його водовіддаючі властивості:

- | | |
|------------------------------------------------------------------------|------------------|
| А) поліпшуються; | В) погіршуються. |
| Б) поліпшуються або погіршуються залежно від технологічних параметрів; | |

Тема 5. КОНДИЦІОНУВАННЯ ОСАДІВ

Для поліпшення вологовіддачі осадів необхідно провести їх *кондиціонування*, тобто змінити структуру їх твердої фази перед зневодненням чи утилізацією. Зазвичай осади кондиціонують перед механічним зневодненням, а в окремих випадках – перед природнім.

Метод кондиціонування значною мірою визначає продуктивність апаратів для зневоднення осаду, забрудненість мулової води та кінцеву вологість зневодненого осаду.

Кондиціонування осаду може здійснюватись реагентними та безреагентними методами. При *реагентному* кондиціонуванні застосовують мінеральні коагулянти й органічні флокулянти. До реагентних відносять також метод зневоднення осаду за допомогою присаджувальних матеріалів (допоміжних речовин). Такий метод кондиціонування викликає укрупнення частинок осадів, що послаблює силу зчеплення води з твердими частинками. Зміна структури осадів приводить до кількісного перерозподілу форм зв'язку води із збільшенням вмісту вільної води за рахунок зменшення загальної кількості зв'язаної води, що дозволяє добиватися глибшого й швидшого їх зневоднення. До *безреагентних* методів кондиціонування відносять промивання і ущільнення осадів; високотемпературну обробку, заморожування-танення; ультразвукову чи магнітну обробку осадів.

Зменшення питомого опору осадів фільтрації при їх *промиванні* досягають завдяки видаленню з них колоїдних і дрібнодисперсних частинок, а також зменшення лужності осадів. Промивання найбільш ефективно для анаеробно зброджених осадів. Не здійснюють промивання осадів сирих, аеробно стабілізованих чи анаеробно зброджених у двоярусних відстійниках чи освітлювачах-перегнивачах. Промивання осадів здійснюють біологічно очищеною стічною водою. Кількість промивної води слід приймати, $\text{м}^3/\text{м}^3$:

- для збродженого сирого осаду - 1-1,5;
- для збродженої в мезофільних умовах суміші сирого осаду і надлишкового активного мула - 2-3;
- те ж, в термофільних умовах - 3-4.

Промивання осаду здійснюють у двох або більше спеціальних резервуарах на протязі 15-20 хв. при безперервному перемішуванні (рис. 5.1). Промивні резервуари повинні мати пристрої для видалення спливаючих домішок і спорожнення. При перемішуванні повітрям його витрата визначається з розрахунку $0,5 \text{ м}^3$ на 1 м^3 суміші. Ущільнення суміші промитого осаду та відділення мулової води здійснюють у не менш ніж у двох радіальних (іноді - в горизонтальних) мулозгущувачах. Тривалість перебування суміші осаду й промивної води в робочій зоні мулозгущувача приймають 12-18 і 20-24 год. відповідно для мезофільного та термофільного режимів зброджування; об'єм мулової частини мулозгущувачів розраховують на зберігання там осаду вологістю 94-96% на протязі 2 діб.

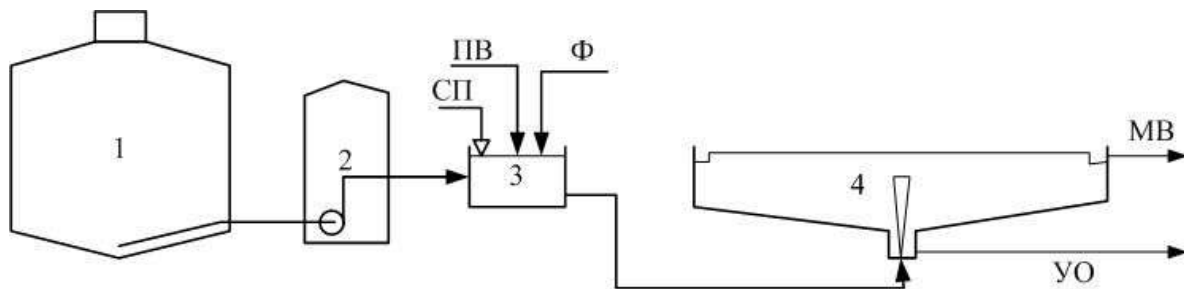


Рис. 5.1 – Схема кондиціонування зброженого осаду промиванням та ущільненням:

УО – ущільнений осад на механічне зневоднення; СП – стиснуте повітря;
 ПВ – промивна вода; Ф – фугат; МВ – мулова вода;
 1 – метантенк; 2 – насосна станція; 3 – промивна камера; 4 – ущільнювач

В даний час застосовують просте в експлуатації та високоефективне **хімічне** кондиціонування поліелектролітами (флокуляція) і рідше – неорганічними електролітами (коагуляція).

Оскільки осади містять негативно заряджені колоїди, то для їх коагуляції застосовують катіонні носії заряду: солі алюмінію та заліза, а також органічні катіонні полімери.

При розчиненні у воді солі алюмінію та заліза утворюють продукти гідролізу і призводять до зниження рН осаду до 4-5. Тому в осад необхідно ввести вапно (для підвищення рН понад 10) для збільшення ефективності коагуляції. Крім того, введення вапна в осади запобігає розповсюдженню їх запаху.

Синтетичні *флокулянти* отримали набагато ширше застосування, ніж природні, зважаючи на кращі флокуляційні властивості та економічніше виробництво. Застосовують в основному катіонні синтетичні органічні поліелектроліти.

Вживані як реагенти хлорне й сірчаноокисле залізо, а також вапно, вводять в осад у вигляді 10%-них розчинів, а флокулянти - у вигляді 0,1-0,15%-них розчинів. Дози реагентів визначають дослідним шляхом.

Як відомо, флокулянти - розчинні у воді високомолекулярні речовини, вживані для відділення твердої фази від рідини; вони створюють з колоїдними і тонкодисперсними частинками в рідкій фазі тривимірні структури (пластівці). Для зневоднення осадів стічних вод найбільш широке застосування отримали синтетичні флокулянти - поліакриламід і сополімери на його основі. Це обумовлено рядом властивостей поліакриламиду: продукт нетоксичний, легко полімеризується і сополімеризується з іншими мономерами.

Процес сополімеризації забезпечує отримання широкого спектру поліелектролітів, що несуть позитивний (катіонний) або негативний (аніонний) заряд на полімерному ланцюзі. У осадах станцій біологічного очищення стічних вод в основному містяться негативно заряджені частинки, тому для флокуляції таких осадів потрібні катіонні флокулянти.

Відомо, що ефективність процесу флокуляції підвищується із збільшенням розміру макромолекул флокулянту в розчині. Оскільки флокулянти є електролітами, розміри їх макромолекул залежать від іонної сили розчину, тобто від вмісту в ньому розчинних солей. Природно також, що наявність у воді-розчиннику завислих речовин знижує ефективність розчину, оскільки деяка кількість флокулянту витрачається на флокуляцію цих частинок вже в процесі розчинення флокулянта, і тому застосування технічної води для цих цілей небажано.

При використанні органічних флокулянтів необхідно використовувати устаткування, яке зважає на непросту специфіку таких препаратів, що вимагають суворого поводження як в процесі зберігання і розчинення, так і в процесі насосного транспортування. Головною умовою є отримання доспілого однорідного розчину і подача в точку споживання спеціальними насосами, які за рахунок своєї конструкції не допустять механічного руйнування довголанцюгових молекул середовища.

Головною причиною неефективного використання порошкоподібних і гранульованих органічних флокулянтів є утворення нерозчинних грудок (злипання гранул) на першому етапі замочування. Важливо спеціальним шнеком створити інжекцію сипкого продукту і під певним кутом направити струмінь води, в цьому випадку забезпечується змочування кожної частинки, після чого не відбудеться злипання.

Важливим елементом є робота мішалки з лопатями певної форми, яка забезпечує плавне і одночасно інтенсивне перемішування дуже в'язкого розчину із-за високої молекулярної маси сухих продуктів. При цьому забезпечуються дві необхідні умови:

1) повне розчинення - дозрівання розчину, а отже, його 100% використання та виключення проскакувань недорозчинених гранул. Іноді ця умова знижує необхідний ефект і одночасно для її отримання необхідне підвищення доз по сухому продукту до 30% .

2) забезпечення цілісності молекул при використанні для перемішування або стислого повітря, або мішалки з лопатями, які створюють щадні умови перемішування, не руйнуючи навіть при високих обертах довголанцюгові розкриті молекули.

Неправильно сконструйований вузол приготування розчину впливає на структуру розчину: довга молекула руйнується, розриваючись на окремі шматки, і тому розчин приходить в практично непридатний стан. Окрім цього, устаткування насосного дозування має бути шнекового або, в крайньому випадку, плунжерного типу. Не допускається використання лопатевого типу насосів.

При розбавленні водних розчинів флокулянтів в'язкість зменшується, внаслідок чого можливе руйнування полімеру при механічній дії - перемішуванні за допомогою мішалки, а також при подачі готового розчину флокулянта насосом. Тому перемішування розчину флокулянту необхідно проводити тільки тихохідними мішалками.

Економія флокулянта та ефективність центрифугування осадів значною мірою залежать від повноти його розчинення. Для приготування робочого розчину порошкоподібного флокулянта застосовують дві технологічні схеми:

- одностадійна – приготування розчину 0,1-0,15%-ної концентрації (рис. 5.2);

▪ двостадійна - приготування розчину 0,5-1,0%-ної концентрації та подальше її доведення (розбавлення) до робочої концентрації 0,1-0,15% (рис. 5.3).

Необхідно відзначити, що дозування порошкоподібного флокулянта не допускається без застосування диспергатора, що забезпечує змочування зерен флокулянта.

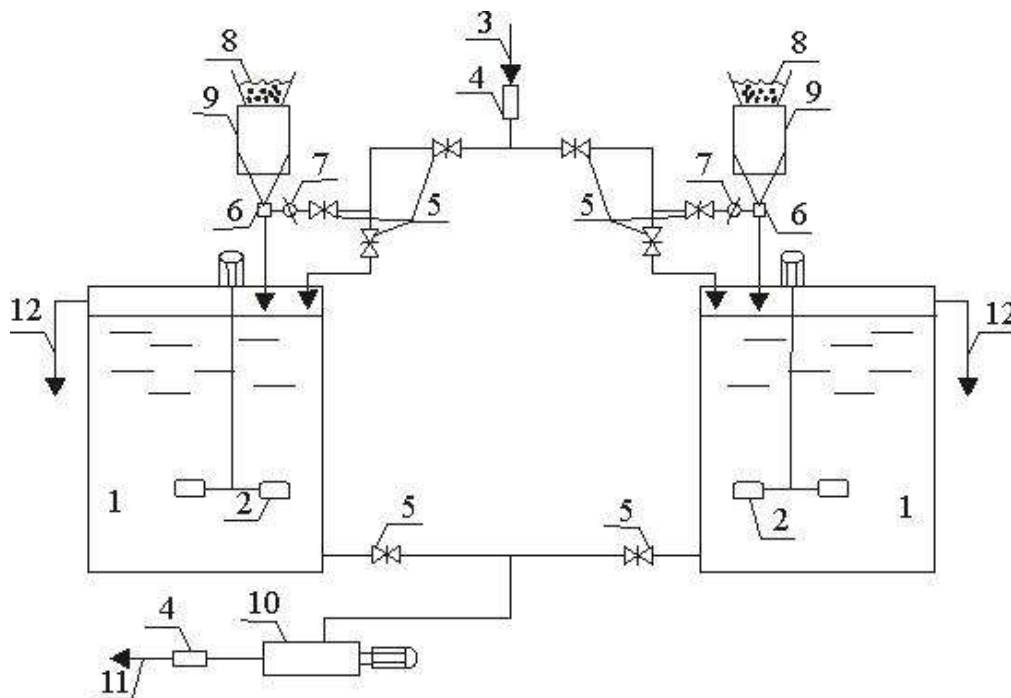


Рис. 5.2 - Схема установки з одностадійного розчинення та дозування флокулянта:

- 1 – витратні баки для розчину; 2 – мішалки; 3 – подача води-розчинника;
 4 – індукційні витратоміри; 5 – електрифіковані засувки;
 6 – диспергатори; 7 – манометри; 8 – бункери флокулянту;
 9 – дозатори; 10 – гвинтовий насос; 11 – подача готового робочого розчину; 12 – переливи в збірний бак

Практика роботи цехів обробки осаду на станціях аерації показала, що із збільшенням об'ємів зневоднюваних осадів двостадійне приготування флокулянта є продуктивнішим і економічнішим.

Для розчинення флокулянта використовують круглі або квадратні в плані баки, співвідношення їх робочої висоти до діаметру або сторони квадрата складає 1:1 - 1,1:1. Стіни і днища баків залежно від розмірів виконують із залізобетону або сталі, внутрішні поверхні футерують матеріалами, що запобігають корозії. Днища баків мають ухил не менше 0,01 до трубопроводу спорожнення. Трубопроводи, які відводять робочий

розчин, для запобігання засмоктуванню в них можливих донних відкладень розташовують вище за дно бака на 10-20 см.

Приготування розчинів флокулянтів здійснюють за допомогою механічних мішалок. Для цієї мети використовують турбінні або пропелерні мішалки різних модифікацій, що вмонтовують на

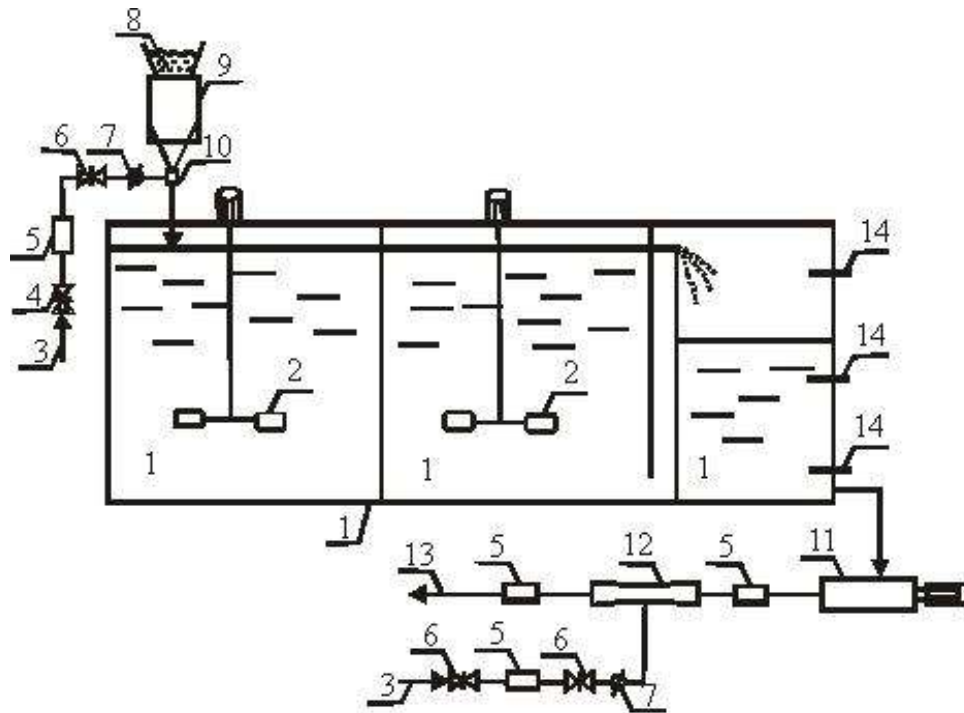


Рис. 5.3 - Технологічна схема установки з двостадійного розчинення та дозування флокулянта:

- 1 – бак розчину з камерами Ia, Ib; 2a, 2б – мішалки; 3 – подача води-розчинника; 4 – магнітний клапан; 5 – індукційні витратоміри; 6 – електрифіковані засувки; 7 – манометри; 8 – бункер флокулянту; 9 – дозатор; 10 – диспергатор; 11 – гвинтовий насос; 12 – змішувач; 13 – подача готового робочого розчину; 14 – датчики рівня

вертикальному валу в баку (відстань від дна бака до лопатей мішалки повинна дорівнювати діаметру мішалки). Вали встановлюють в баках на відстані 0,3 м від центральної осі бака. Рекомендоване число лопатей мішалок - 3-6. З пропелерних найчастіше застосовують мішалки з кроком пропелера, який дорівнює діаметру мішалки.

Для приготування розчину флокулянта мішалки створюють певну інтенсивність перемішування: окружна швидкість обертання мішалки складає 1,5-4,0 м/с (великі швидкості не допускаються, оскільки в цьому випадку відбудеться розрив молекулярних ланцюгів флокулянта); швидкість циркуляції розчину в баку 40-60 об/год.

При одноразовому проходженні через відцентровий насос робочий розчин флокулянта втрачає до 83% своєї активності (ефективності), при проходженні через гвинтовий насос - до 8%. При подачі за допомогою стислого повітря - до 10%. Оскільки при зневодненні осадів потрібне по можливості точніше дозування розчину флокулянта, а також наявність умов для автоматизації цього процесу, то перекачування розчинів флокулянта слід здійснювати тільки гвинтовими насосами.

Для ефективного використання флокулянтів фірма "Сиба" (раніше відома як "Аллайд Коллоїдс", Німеччина) створила автоматизовану установку приготування і дозування флокулянтів в центрифуги - ФАБ-МІНІ, яка успішно застосовується в багатьох містах України. Таку установку використовують в цеху механічного зневоднення осадів на Безлюдовських очисних спорудах каналізації (м. Харків). Принципова схема установки з використанням ФАБ-МІНІ приведена на рис. 5.4. У комплект устаткування лінії приготування і дозування флокулянта входять:

- автоматизована установка приготування розчину флокулянта ФАБ-МІНІ, обладнана дозатором 100% флокулянта, мішалкою і насосом - 1 шт.;
- витратний бак основного розчину, обладнаний штангою і датчиками рівнів, об'ємом 1 м^3 - 1 шт.;
- насос для розбавлення "Зіпекс" 1-12 BN, продуктивністю 260-1650 л/год - 1 шт.;
- спеціальна система розбавлення із замочною електроарматурою, ротаметрами, витратоміром і статичним змішувачем неіржавіючого виконання - 1 шт.;
- комплект запасних частин;
- витратний бак розбавленого розчину об'ємом 1 м^3 - 1 шт.;
- ротаметри регулювання подачі розбавленого розчину в центрифуги, діапазон витрати $0,6-6 \text{ м}^3/\text{год.}$ з електроventилями з блокуванням і ручними ventилями - 3 шт.;
- насос дозування 2-12 BN, продуктивністю 600-3200 л/год - 1 шт.;
- спеціальний щит управління установкою - 1 шт.

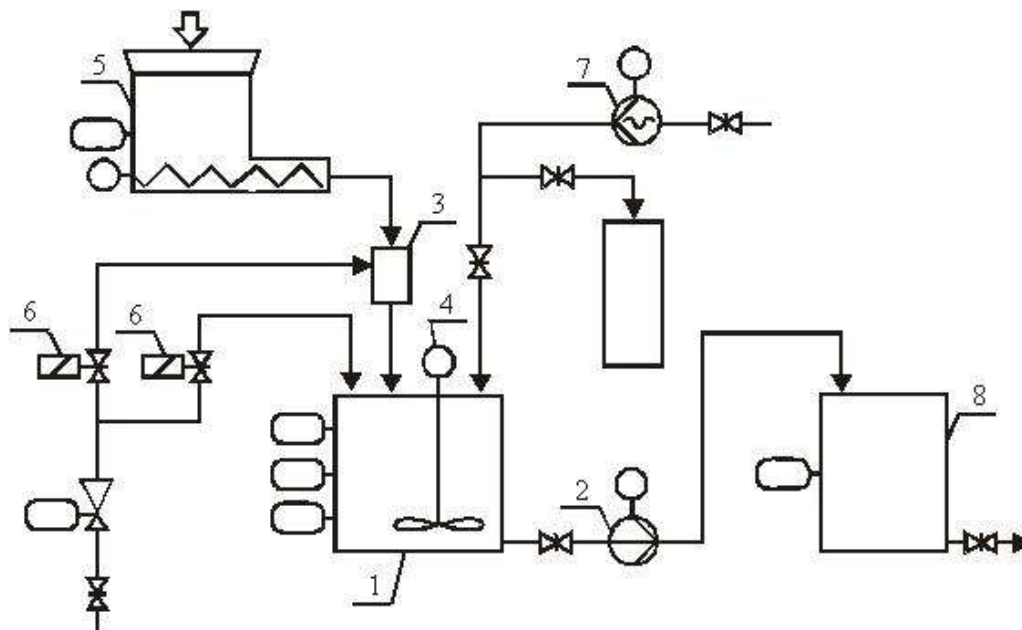


Рис. 5.4 - Схема установки приготування розчину флокулянта:
1 - бак розчину; 2, 7 - насоси; 3 - змішувач; 4 - мішалка; 5 - дозатор сухого флокулянта; 6 - вентилі ручні; 8 - витратний резервуар



Рис. 5.5 - Установка для приготування розчину флокулянта ФАБ-МІНІ

На базі основної установки ФАБ-МІНІ (рис. 5.5), що працює в повністю автоматизованому режимі як на сухому, так і на рідкому вихідному полімерному продукті, відбувається приготування "материнського" розчину 0,8% концентрацій. Після дозрівання розчин по заданому сигналу від таймера насосом, що входить до складу установки ФАБ-МІНІ, перекачують у витратний бак об'ємом 1 м³ за наявності в нім

нижнього робочого рівня. З витратної ємкості "материнський" розчин ексцентрико-шнековим насосом для розбавлення "Зіпекс" 1-12 ВН подають в систему розбавлення, обладнану регулятором тиску, ротаметрами і статичним змішувачем, де інтенсивно розбавляють до необхідної концентрації. Розчин після системи розбавлення безперервно

поступає у витратний бак робочого розчину об'ємом 3 м³, з якого насосами його подають в кожну установку самостійною лінією. Подачу насосів регулюють залежно від продуктивності машин за об'ємом осади.

Лінія працює як в автоматизованому, так і в ручному режимі. Вибір режиму здійснюють з щита управління. Все насосне устаткування працює в одній системі та захищене від сухого ходу. Все ємкісне устаткування забезпечене датчиками і пристроями, що захищають роботу лінії від повного спорожнення і переливів.

Ефективність процесу флокуляції багато в чому залежить від правильного вибору місця введення робочого розчину флокулянту та тривалості контакту його з осадом для досягнення повної флокуляції колоїдних частинок.

При швидкості потоку робочого розчину флокулянта, відмінній від оптимальної, знижується ефект затримання сухих речовин на центрифугі або зростає доза флокулянта. Іншою умовою ефективного використання флокулянта для конкретної центрифуги є правильний вибір діаметру сопла, через який подається розчин флокулянта.

До *безреагентних* методів кондиціонування осаду відносять теплову обробку і заморожування з подальшим відтаванням.

Теплова обробка полягає в нагріванні осадів до температури 170-220°C і витримці їх при цій температурі в закритих ємкостях - автоклавах, реакторах протягом 30-120 хв.

Схема теплової обробки осаду, показана на рис. 5.6, включає дробарку, резервуар для осаду, поршневий насос високого тиску для подачі осаду в реактор, теплообмінник, де осад, що поступає, заздалегідь нагрівається вже обробленим осадом і реактор, в якому осад витримують при тиску 1,2-2 МПа протягом 30-90 хв. при температурі 150-200°C. Підігрів осаду в реакторі здійснюють гострою парою. Для ущільнення осаду і відділення мулової води перед подачею на зневоднення в схемі передбачений мулоущільнювач. Об'єм ущільненого осаду складає 20-30% від первинного, а його вологість – 92-94%.

Осад після теплової обробки швидко ущільнюється до вологості 92-94%, тобто його об'єм скорочується в 2-4 рази, причому зневоднюють осади без обробки їх хімічними реагентами.

Осад після заморожування і відтавання зневоднюють механічним шляхом теж без застосування додаткових реагентів.

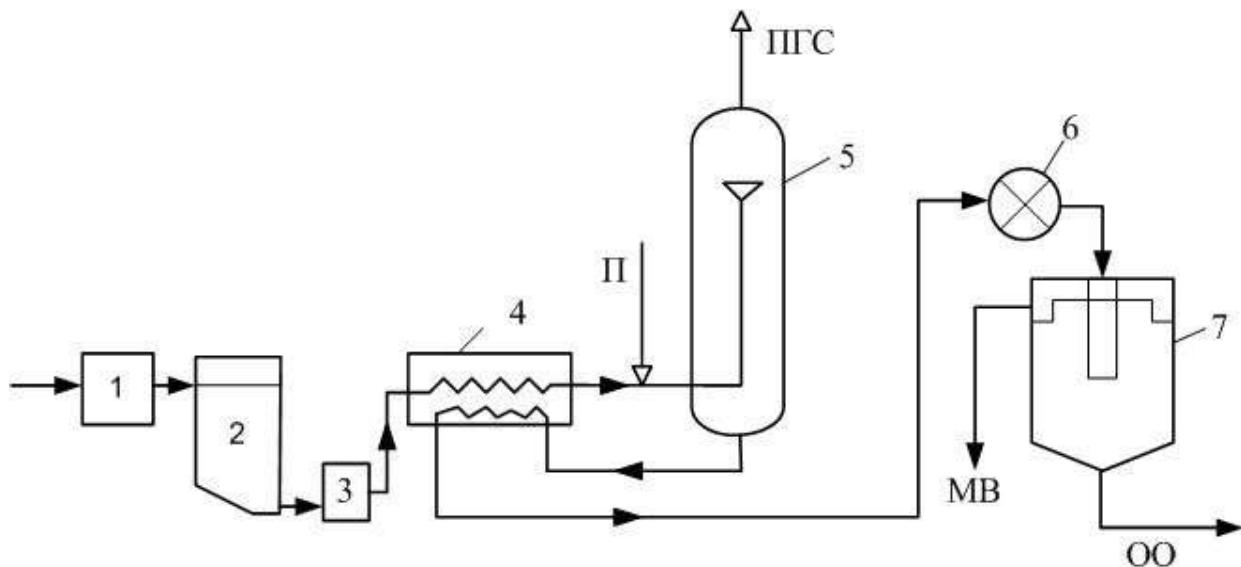


Рис. 5.6 – Технологічна схема теплової обробки осаду:

П – пара; ПГС – парогазова суміш; МВ – мулова вода;

ОО – оброблений осад на зневоднення;

1 – дробарка; 2 – резервуар осаду; 3 – насос; 4 – теплообмінник;

5 – реактор; 6 – пристрій для зниження тиску; 7 – ущільнювач

Контрольні запитання:

1. Для чого осади стічних вод піддають кондиціонуванню?
2. Назвіть методи кондиціонування осадів?
3. Які процеси лежать в основі реагентних методів кондиціонування осадів?
4. Чому зменшується питомий опір осадів фільтрації при їх промиванні?
5. Якою водою здійснюють промивання осадів?
6. Для яких осадів застосовують кондиціонування промиванням?
7. Які реагенти застосовують для кондиціонування осадів стічних вод?
8. Як флокулянти впливають на властивості осадів стічних вод?
9. Яке обладнання рекомендовано застосовувати для приготування розчинів флокулянтів?
10. Які технологічні схеми застосовують для приготування робочого розчину порошкоподібного флокулянта?
11. Опишіть схему установки одностадійного розчинення та дозування флокулянта.

12. Опишіть схему установки двостадійного розчинення та дозування флокулянта.
13. Опишіть схему установки приготування розчину флокулянта з використанням ФАБ-МІНІ.
14. Назвіть безреагентні методи кондиціонування осаду.

Тестові завдання:

1. Метою кондиціонування осадів є:
А) збільшення водовіддачі; В) зменшення їх об'єму;
Б) руйнування біологічно розкладаної частини органічної речовини осаду; Г) зниження вологості до 50-80%.
2. Кондиціонування осадів може здійснюватися шляхом обробки їх розчином катіонних флокулянтів концентрацією:
А) 0,01-0,015%; В) 0,5-1,0%;
Б) 0,1-0,15%; Г) 5-10%.
3. Яка умова є визначальною при виборі обладнання для вузла приготування розчину флокулянта:
А) запезпечення незмінності витрати;
Б) запезпечення незмінності напору;
В) запезпечення цілісності молекул;
Г) виключення коливання концентрації.
4. Як здійснюють промивання осаду:
А) з підігріванням; В) дуже тривалий час;
Б) при безперервному перемішуванні; Г) в аеробних умовах.
5. Вкажіть тривалість кондиціонування осаду промиванням:
А) 1-2 хв.; В) 60-120 хв.;
Б) 15-20 хв.; Г) 5-6 годин.
6. Який фактор є головною причиною неефективного використання порошкоподібних і гранульованих органічних флокулянтів на першому етапі замочування:
А) завищена концентрація розчину; В) злипання гранул;
Б) занижена концентрація розчину; Г) великий об'єм розчину.
7. Які флокулянти застосовують для кондиціонування осадів:
А) катіонні; В) катіонні та аніонні;
Б) аніонні; Г) не має значення.

8. При хімічному кондиціонування відбувається зміна структури осадів, яка приводить до кількісного перерозподілу форм зв'язку води, а саме:
- А) збільшується вміст вільної води за рахунок зменшення загальної кількості зв'язаної води;
 - Б) збільшується вміст зв'язаної води за рахунок зменшення загальної кількості вільної води;
 - В) перерозподілу форм зв'язку води не відбувається, мають місце інші процеси.
9. Які процеси можуть мати місце при застосуванні для кондиціонування осадів солей алюмінію та заліза:
- А) виділення теплоти;
 - Б) зниження рН осаду до 4-5;
 - В) дезінфекція осаду;
 - Г) стабілізація осаду.

Тема 6. МЕТОДИ ЗНЕВОДНЕННЯ ОСАДІВ

Істотне зменшення об'єму осадів стічних вод здійснюють або в природних умовах (на мулових площадках, мулових ставках), або в штучних умовах (на фільтр-пресах, центрифугах та ін). Після *зневоднення* осади зменшуються в об'ємі в 7-15 разів, тобто мають вологість 55-80%.

6.1. Природне зневоднення осаду

Найбільш поширеним методом зневоднення осаду є сушка його на *мулових площадках* різних конструкцій. Застосовують мулові площадки на природній основі з дренажем і без дренажу, на штучній дренуючій основі, на асфальтобетонній основі з дренажем, а також каскадні мулові площадки з відстоюванням і поверхневим видаленням мулової води, мулові площадки з гравієвими колодязями, площадки-ущільнювачі, площадки з механічним видаленням осаду або будь-якої іншої конструкції.

Механізм дії мулових площадок в основному зводиться до таких процесів:

- ущільнення осаду і видалення рідкої фази з поверхні;
- фільтрація рідкої фази через шар осаду і видалення її за допомогою дренажної системи;
- випаровування рідини з вільної поверхні осаду.

Залежно від конструкції площадки та властивостей осаду вказані процеси можуть поєднуватися один з іншим.

Теоретично збільшення висоти напуску повинне призводити до прискорення фільтрації осаду, проте швидкість випаровування вологи при цьому знижується. Оскільки вказані процеси надають протилежний ефект на швидкість вологовіддачі в цілому, то оптимальний режим може визначатися характеристиками конкретного осаду.

Мулові площадки складаються з карт, оточених з усіх боків валиками. Розміри карт і число випусків визначають виходячи з вологості осаду і способу прибирання після підсихання.

Осад, розлитий по картах, підсушується переважно за рахунок випаровування води. Частина води профільтровується через дренаж або в ґрунт (на природній основі). Підсушений осад згрібають бульдозером або

скрепером, навантажують в автомашини і відвозять на подальшу утилізацію. Вологість підсушеного осаду складає близько 75%. На мулових площадках влаштовують дороги з пандусами для з'їзду на карти автотранспорту і засобів механізації.

Робоча глибина карт - 0,7-1 м; висота захисних валиків на 0,3 м вище за робочий рівень осаду на карті. Число карт - не менше 4. Площа мулових площадок залежить від кількості осаду, його характеру і кліматичних умов. Навантаження осаду на мулові площадки ($\text{м}^3/\text{м}^2$ за рік) приймають згідно табл. 64 [40].

Повна площа має бути на 20-40% більше корисної. Ця площа необхідна для влаштування валиків і доріг.

Зимом осад на мулових площадках заморожується. Для зимового наморожування допускається використання 80% площадок, а 20% призначається для використання в період весняного танення намороженого осаду.

Відведення мулової води з мулових площадок слід передбачати на очисні споруди, при цьому споруди розраховують з урахуванням додаткових забруднюючих речовин і кількості мулової води. Додаткові кількості забруднюючих речовин від мулової води належить приймати: при сушці зброджених осадів – за завислими речовинами 1000-2000 мг/л, за БПК_{повн} - 1000-2000 мг/л (великі значення для площадок-ущільнювачів); мулова вода з ущільнювачів аеробно-стабілізованого осаду повинна прямувати в аеротенки; її забруднення приймати: БПК_{повн} 200 мг/л, за завислими речовинами до 100 мг/л; вологість ущільненого осаду 96,5-98,5%. На рис. 6.1 приведений план і розріз мулових площадок.

У світовій практиці мулові площадки використовують на станціях малої продуктивності; на очисних спорудах середньої і великої продуктивності перевага віддається механічному зневодненню осадів. У країнах СНД із-за економічної ситуації мулові площадки застосовують практично повсюдно. Під них відведені великі площі землі поблизу міст, а в деяких випадках – і в міській межі. В майбутньому, поза сумнівом, положення зміниться, але сьогодні все ще є актуальним питання про інтенсифікацію роботи мулових площадок, тобто збільшення навантаження на них.

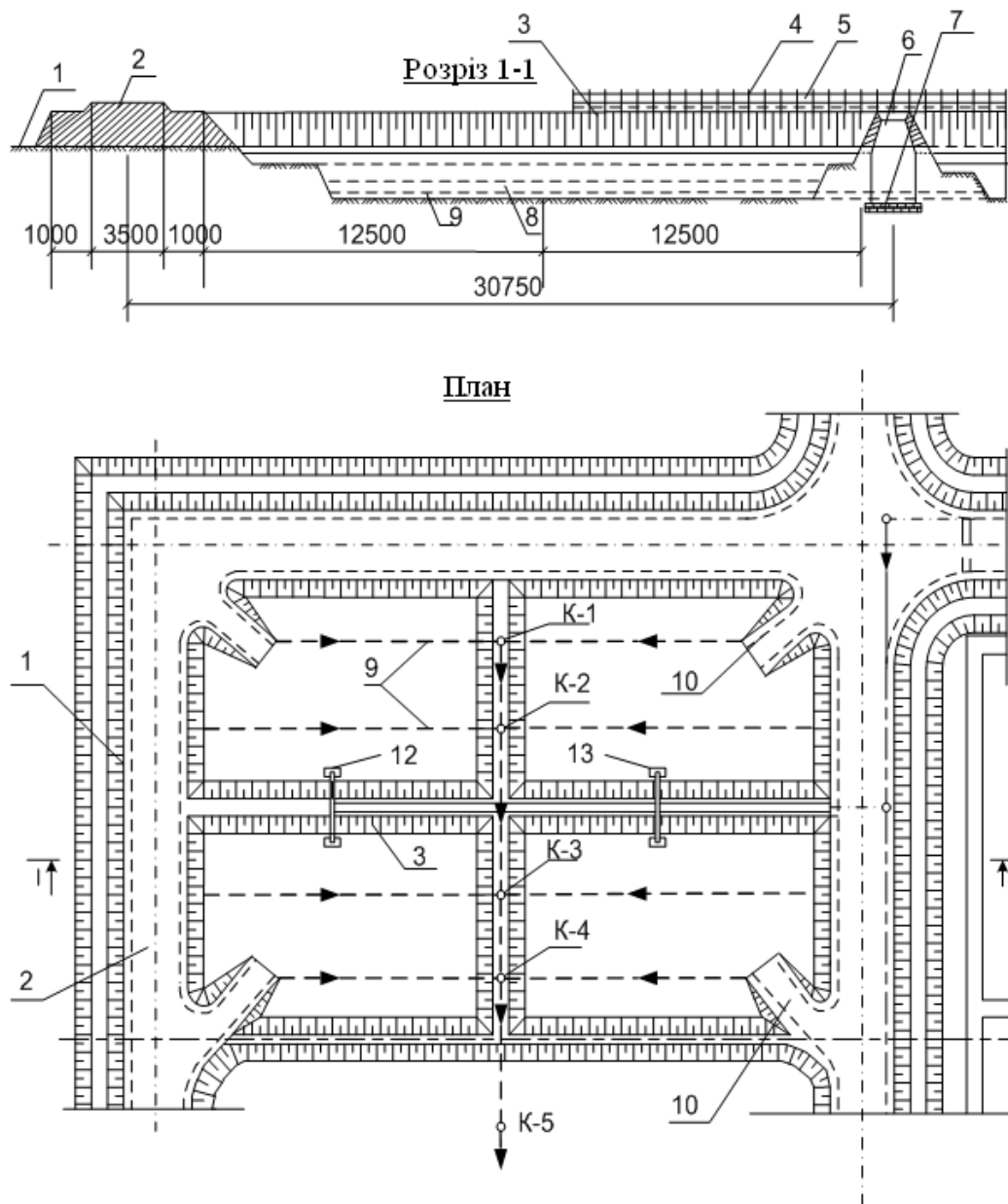


Рис. 6.1 – Мулові площадки:

- 1 – кювет захисної канави; 2 – дорога; 3 – зливний лоток;
 4 – бруски, що підтримують розвідний лоток; 5 – розвідний лоток;
 6 – дренажний колодязь; 7 – збірна дренажна труба; 8 – дренажний шар;
 9 – дренажні труби; 10 – з'їзд на карту; 11 – дренажна канава;
 12 – шибери; 13 – щит під зливним лотком;
 К-1 – К-5 – колодязі

Досягти поставленої мети можна двома способами: вдосконалювати конструкції самих мулових площадок або покращувати водовіддаючі властивості осадів.

Збільшення продуктивності площадок можливе за рахунок проведення таких заходів:

- ущільнення осаду, що подається на площадки;
- забезпечення механічного ворухіння і видалення висушеного осаду з площадки;
- кондиціонування осаду перед подачею його на площадку;
- продування осаду повітрям безпосередньо на площадці;
- влаштування над площадкою напівпрозорого покриття або загального покриття тепличного типу з відповідними системами вентиляції;
- використання вакуумних систем для прискорення фільтрації;
- застосування систем підігріву осаду безпосередньо на мулових площадках.

У ході різних досліджень встановлено, що хімічне кондиціонування осадів з використанням катіонних флокулянтів підвищує ефективність їх природного зневоднення і дозволяє збільшити продуктивність мулових карт в 1,5-2 рази.

Процес ворухіння істотно прискорює природну сушку осаду на мулових площадках. Швидкість вітру над поверхнею осаду, зарослого рослинністю, практично дорівнює нулю, дефіцит пружності водяної пари характеризується пониженням від верхнього ярусу листя до нижнього ярусу фактично до нуля, отже, швидкість випаровування води з осаду, густо зарослого рослинністю, дорівнює нулю.

Утворення на поверхні осаду кірки з пересушеного осаду зменшує швидкість сушки в 4 рази.

При ворухінні видаляється рослинний покрив і руйнується поверхнева кірка, що сприяє прискореному підсиханню осаду в теплий сухий час і глибшому промороженню в зимовий.

Вибір оптимальної технології зневоднення осаду може істотно підвищити продуктивність мулових площадок. Режим напуску, перш за все висота і кратність наливання, залежать від виду осаду, його концентрації, особливостей підготовки і пори року. При подачі на площадку стабілізованого активного мула з вихідною вологістю до 98%, висота наливання повинна складати 0,8-1 м. В цьому випадку значний об'єм дренажної води відводиться через систему вертикального дренажу.

Для зброджених осадів найбільш ефективним методом зневоднення на мулових площадках є технологія роздільного ущільнення, сушки і заморожування. Із збільшенням глибини ущільнюваного шару осаду

швидкість ущільнення росте і знижується вірогідність розшарування осаду. Ущільнення осаду рекомендується проводити при висоті наливання не менше 2,5 м, а сушку і заморожування - шарами не більше 0,3 м.

Для природного зневоднення осадів можуть бути використані **мулові ставки** (лагуни), які виконують у вигляді каналів або шляхом обвалування греблями природних поглиблень або ярів.

Вартість пристрою мулових ставків менша, ніж мулових площадок, перш за все за рахунок використання природних виїмок і простоти конструкції.

Необхідною умовою у всіх випадках є залягання ґрунтових вод нижче за мулові ставки. Після заповнення лагуни засипають шаром місцевого ґрунту завтовшки до 40 см. Осади перегнивають протягом декількох років, після чого їх використовують як добриво.

Застосовуються багатоступінчаті мулові ставки, в яких проводять перепускання рідкого осаду і води в подальші карти, а в попередніх картах здійснюють підсушування і розвантаження.

Розроблена конструкція мулових ставків завглибшки 6 м з екрануванням днища і укосів полімерною плівкою. У таких ставках борозни (канави) пошарово заповнюють осадом, а вгорі насипають шар ґрунту завтовшки 0,7 м. Через рік або два на цьому місці висаджують дерева лісозахисного або лісопаркового призначення.

Лагуни рекомендують використовувати для обробки добре збродженого осаду, інакше може погіршати санітарно-гігієнічний стан навколишнього середовища і буде завданий значний збиток землекористуванню.

6.2. Механічне зневоднення осаду

Зневоднення осадів стічних вод на мулових площадках для очисних споруд середньої і великої продуктивності часто виявляється неможливим через відсутність вільних земельних площ. Тому на таких станціях застосовують механічне зневоднення осадів на вакуум-фільтрах, фільтр-пресах, центрифугах або інших апаратах.

Апарати, вживані для зневоднення осадів стічних вод можна класифікувати за видом механічної дії на їх структуру:

- зневоднення осадів під розрядженням;
- зневоднення осадів під тиском;
- зневоднення осадів у відцентровому полі.

При фільтруванні відбувається процес відділення твердих частинок від рідини при різниці тиску над фільтруючим середовищем і під ним. Фільтруючим середовищем на барабанних вакуум-фільтрах і фільтр-пресах є фільтрувальна тканина і шар осаду, що налипає на тканину в процесі фільтрування. Первинне фільтрування відбувається через тканину, пори якої затримують тверді частинки осаду і створюють додатковий фільтрувальний шар. Цей шар у міру фільтрування збільшується і є головним фільтруючим середовищем, а тканина служить лише для підтримки фільтруючого шару.

При фільтруванні рідина протікає через пористу масу і утворюється шар осаду (кека). При збільшенні шару кека зменшується швидкість протікання рідини (фільтрату).

У зоні фільтрування осад фільтрується під дією вакууму (у барабанних вакуум-фільтрах), а на фільтр-пресах - під тиском. Вологість зневодненого осаду (кека) складає 60-80%.

Осади перед подачею на механічне зневоднення піддають коагуляції, завдяки чому частинки осаду об'єднуються з пластівцями реагентів в крупні агрегати і осад легше віддає воду. Реагенти вводять безпосередньо перед подачею осаду на механічне зневоднення (перед фільтр-пресами, центрифугами). На рис. 6.2 приведена принципова схема механічного зневоднення осадів.

Зброджений осад, вивантажуваний з метантенка, перед подачею на механічне зневоднення, промивають технічною водою протягом 15-20 хв. з розрахунку 2-4 м³ води на 1 м³ осаду і продувають повітрям в об'ємі 0,5 м³ на 1 м³ суміші осаду і води. Потім ця суміш прямує до мулозгущувачів, де протягом 12-24 год. ущільнюють осад і відділяють воду. Мулова вода, яка містить до 1,5 г/л завислих речовин і БПК до 900 мг/л, прямує на очисні споруди, а ущільнений осад (кек) вологістю 94-96% піддають коагуляції і потім направляють на зневоднення.

Осад після такої обробки має нижчий питомий опір і значно легше віддає воду.

Зневоднення осаду на вакуум-фільтрах полягає у видаленні води з суцільного шару осаду, розміщеного на тканині, під дією вакууму, який створюється з боку тканини. На вакуум-фільтрах можна обробляти практично всі види осадів. Розрізняють звичайні барабанні вакуум-фільтри, барабанні з полотном, що сходить, дискові та стрічкові вакуум-фільтри.

Барабанний вакуум-фільтр - горизонтально розташований барабан, що обертається, частково (на 35-40%) занурений в ємкість з осадом (рис. 6.3).

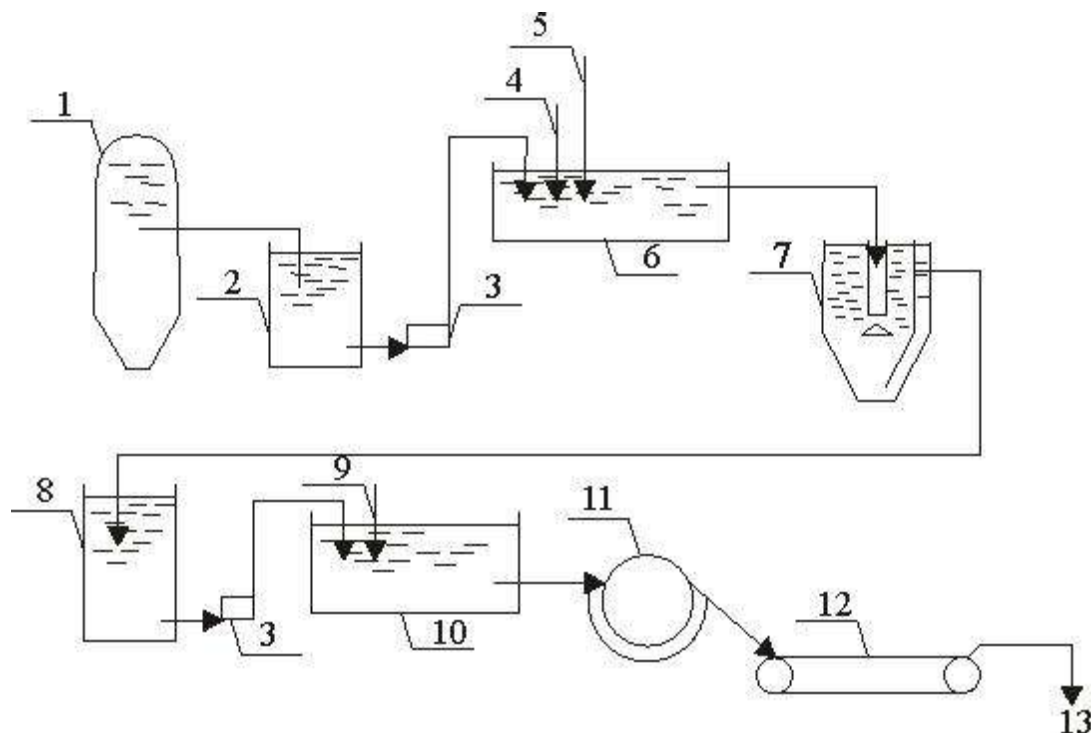


Рис. 6.2 – Схема підготовки осаду до механічного зневоднення:

- 1 – метантенк; 2 – збірний резервуар; 3 – плунжерний насос;
- 4 – подача води; 5 – подача стислого повітря; 6 – промивка осаду;
- 7 – ущільнювач; 8 – резервуар ущільненого осаду; 9 – подача коагулянта;
- 10 – відділення коагуляції; 11 – вакуум-фільтр; 12 – конвеєр;
- 13 – подача осаду у відділення термічної сушки

Барабан має дві стінки: внутрішню – суцільну і зовнішню – перфоровану, обтягнуту фільтруючою тканиною з синтетичних волокон (капрону, хлорину, нітрону, лавсану). Простір між стінками барабана розділений радіальними суцільними перегородками на 16-32 секції, що не сполучаються між собою. Кожна секція має свій відвідний колектор, який разом з колекторами інших секцій виводиться в рухому голівку. Вона притиснута до нерухомої голівки, до якої підведено два трубопроводи, – від вакууму і від компресора.

Після занурення в осад кожна секція барабана через свій колектор, рухому і нерухому голівки виявляється підключеною до вакуумної лінії. Осад фільтрується під дією вакууму (300-500 мм рт.ст.) через тканину, а фільтрат відводиться колектором. Після виходу секції з осаду починається підсушування кека, що налипнув на тканину, атмосферним повітрям. Повітря, яке проходить через шар кека, разом з водою відводиться вакуумною лінією. Перед зняттям кека ножом секція підключається до напірної лінії від компресора. Стиснуте повітря сприяє відділенню кека від фільтруючої тканини. Таким чином, робочий цикл вакуум-фільтра включає три послідовні операції: фільтрування; зневоднення (просушування); видалення кека.

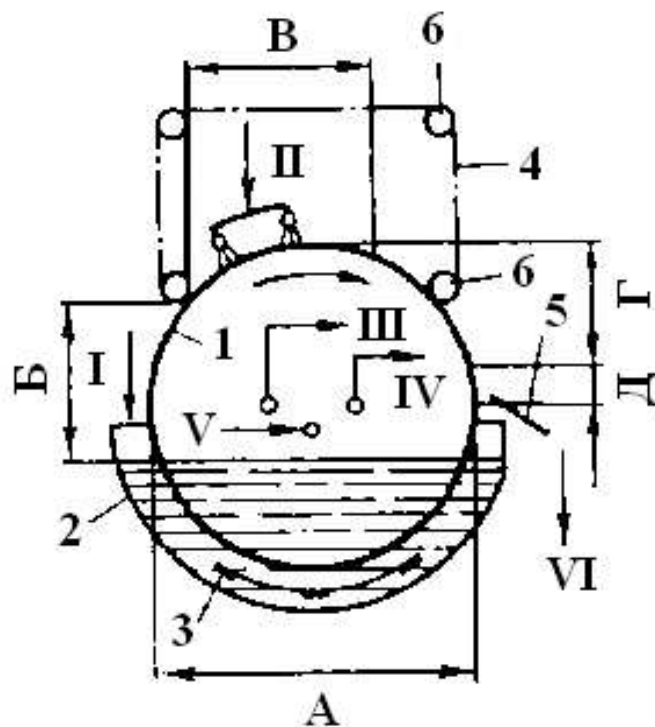


Рис. 6.3 – Схема барабанного вакуум-фільтра:

- I – подача осаду; II – промивна рідина; III – фільтрат;
 IV – промивний фільтрат; V – стиснуте повітря; VI – зневоднений осад;
 VII – рідина для регенерації тканини;
 А – зона фільтрування; Б – зона просушування; В – зона промивання;
 Г – зона віджимання та просушування промитого осаду;
 Д – зона віддувки та регенерації тканини, знімання осаду;
 1 – барабан; 2 – ємкість з осадом; 3 – перемішувач; 4 – полотно, що набігає; 5 – ніж; 6 – ролики; 7 – фільтрувальна тканина;

Зрізаний ножом кек поступає на конвеєр, з якого в бункер або на автомобіль і вивозиться за межі цеху. Для поліпшення фільтраційної

здатності тканини через 8-24 год. роботи фільтр регенерують – промивають інгібірованою кислотою або розчином ПАВ.

Барабанний вакуум-фільтр, регенерація фільтрувальної тканини у якого проводиться безперервно, називається *барабанним вакуум-фільтром з полотном, що сходить* (рис. 6.4). Фільтри даної конструкції мають ряд переваг перед звичайними фільтрами. Вони дозволяють:

- а) підтримувати постійною проникність фільтрувальної тканини;
- б) здійснювати повніше розвантаження осаду;
- в) працювати з тоншими шарами осаду, що веде до скорочення витрат хімічних реагентів для коагуляції важкофільтрованих суспензій і збільшення частоти обертання барабана;
- г) запобігати розрідженню осаду фільтратом, видуваним з колектора;
- д) скорочувати простій фільтрів при заміні фільтрувальної тканини.

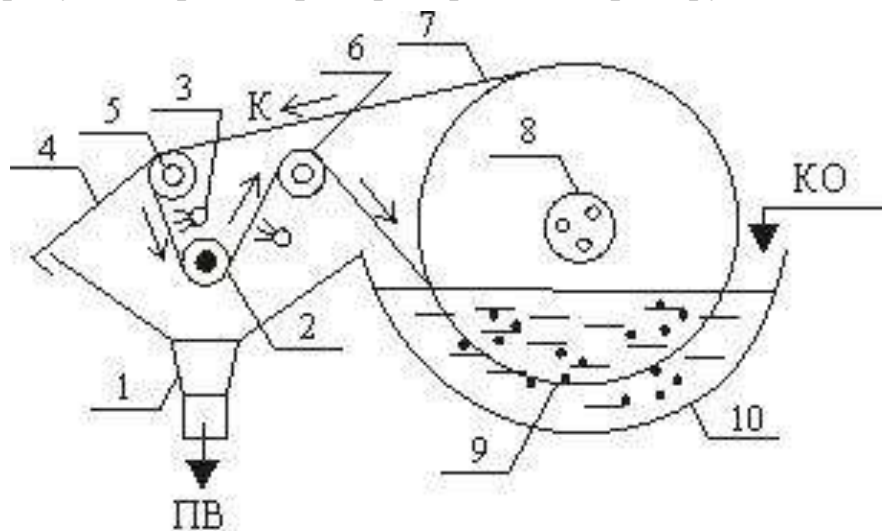


Рис. 6.4 – Схема вакуум-фільтра з полотном, що сходить:

- 1 – жолоб відведення промивної води; 2 – натяжний ролик;
- 3 – труба з насадками для промивки тканини; 4 – ніж для знімання кека;
- 5 – розвантажувально-віддувний ролик; 6 – поворотний ролик;
- 7 – фільтрувальна тканина; 8 – розподільна головка фільтру;
- 9 – барабан фільтру; 10 – корито з осадом;
- К – кек; КО – кондиціонований осад; ПВ – промивна вода

Їх застосування особливо ефективно, коли осади стічних вод за своєю структурою здатні швидко замулювати фільтрувальну тканину (сирі осади з первинних відстійників).

На рис. 6.5 показана схема регенераційного вузла вакуум-фільтра з полотном, що сходить.

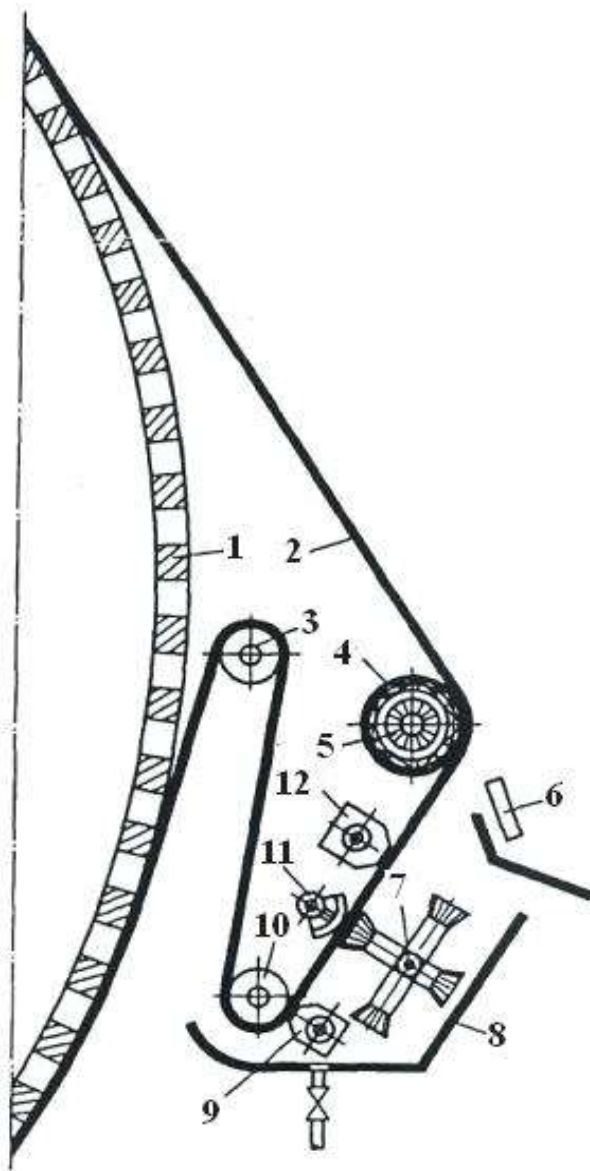


Рис. 6.5 - Схема регенераційного вузла вакуум-фільтра з полотном, що сходить:

- 1 – барабан фільтра;
- 2 – фільтрувальна тканина;
- 3 – поворотний ролик;
- 4 – розвантажувально-віддувний ролик;
- 5 – повітропровід;
- 6 – ніж; 7 – щітки; 8 – жолоб промивної води;
- 9 і 12 – насадки;
- 10 – натяжний ролик;
- 11 – труба з щілиною для промивки тканини

Вологість осаду (кека) після вакуум-фільтра складає 70-85% залежно від характеристики оброблюваного осаду, а продуктивність - 8-40 кг сухої речовини осаду на 1 м² поверхні фільтру в годину.

Стрічкові вакуум-фільтри (рис. 6.6) служать для розділення відносно добре і середньо фільтрованих суспензій з полідисперсною швидко осідаючою твердою фазою і ретельною, як правило, протиточною промивкою осаду. Конструкція таких фільтрів нагадує стрічковий транспортер; еластична нескінченна дренажна стрічка натягнута на приводному і натяжному барабанах. Верхня частина стрічки, покрита тканиною (сіткою), що фільтрує, ковзає по розділеній на відсіки вакуумній камері. Стрічка рухається безперервно із швидкістю 0,6-10 м/хв. або дискретно. Суспензію і промивну рідину подають зверху, фільтрат через перегородку і дренажну систему стрічки поступає у відсіки. Осад знімають ножом іноді з продуванням повітрям через привідний барабан. Відомі стрічкові вакуум-фільтри з полотном, що сходить, валками для ущільнення і зневоднення осаду, пристроями для просушування його паром або гарячим повітрям і віджимання еластичною діафрагмою.

Стрічкові вакуум-фільтри застосовують для зневоднення осадів виробничих стічних вод. Вони мають великі габарити та малий перепад тиску при фільтруванні.

Зневоднення осаду на фільтр-пресах полягає у видаленні води під дією надмірного тиску, який створюється з боку осаду. Фільтр-прес застосовують в тих випадках, коли осад після зневоднення направляють на сушку чи спалювання або коли необхідно отримати осад для подальшої утилізації з мінімальною вологістю.

Фільтр-преси розрізняють рамні, камерні, стрічкові, барабанні, гвинтові та шнекові. Порівняно з вакуум-фільтрами, за інших рівних умов, після зневоднення осаду на фільтр-пресах виходять осад з меншою вологістю - 55-75%.

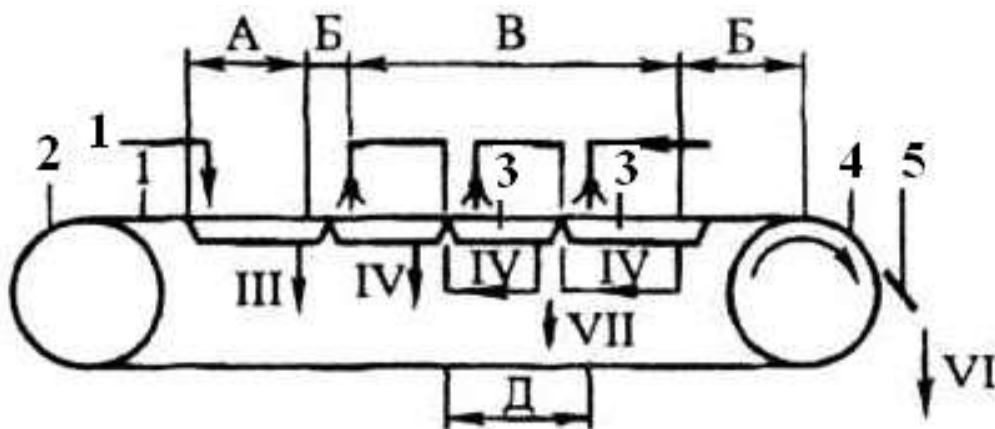


Рис. 6.6 – Стрічковий вакуум-фільтр:

- I – подача осаду; II – промивна рідина; III – фільтрат; IV – промивний фільтрат; V – стиснуте повітря; VI – зневоднений осад;
- VII – рідина для регенерації тканини;
- А – зона фільтрування; Б – зона просушування; В – зона промивання;
- Г – зона віджимання та просушування промитого осаду;
- Д – зона віддувки та регенерації тканини, знімання осаду;
- 1 – дренажна стрічка; 2 – привідний барабан; 3 – вакуумні камери;
- 4 – натяжний барабан; 5 – ніж

Фільтр-преси стрічкові (рис. 6.7) призначені для безперервного механічного зневоднення осадів промислових, побутових стічних вод, попередньо оброблених флокулянтами.

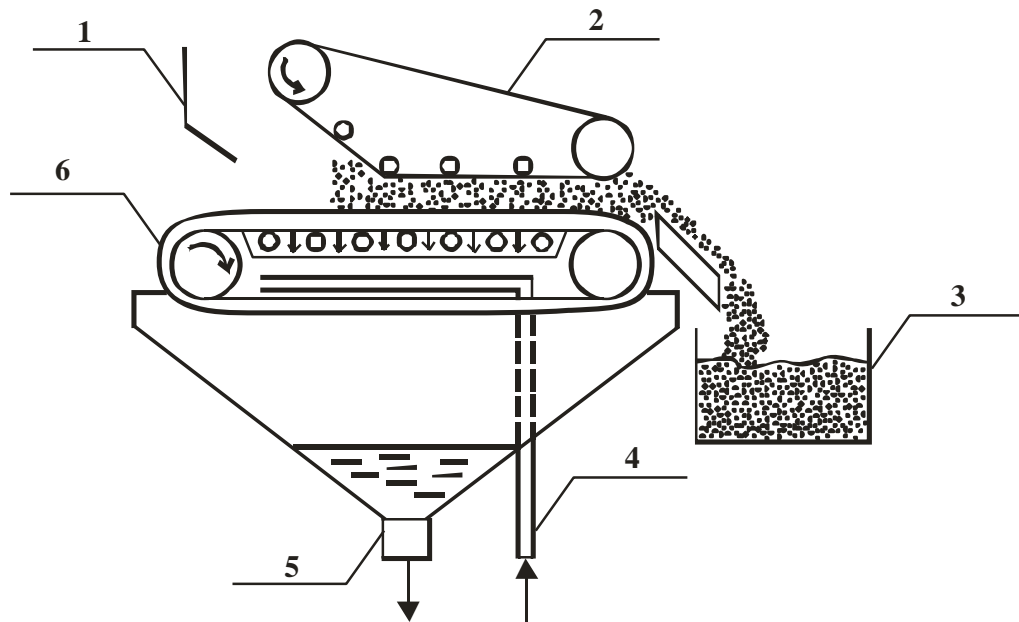


Рис 6.7 – Горизонтальний стрічковий прес:

1 – трубопровід для подачі осаду; 2 – притискна стрічка; 3 – ємкість для зневодненого осаду; 4 – трубопровід для подачі промивної води; 5 – труба для відведення фільтрату і промивної води; 6 – фільтруюча стрічка

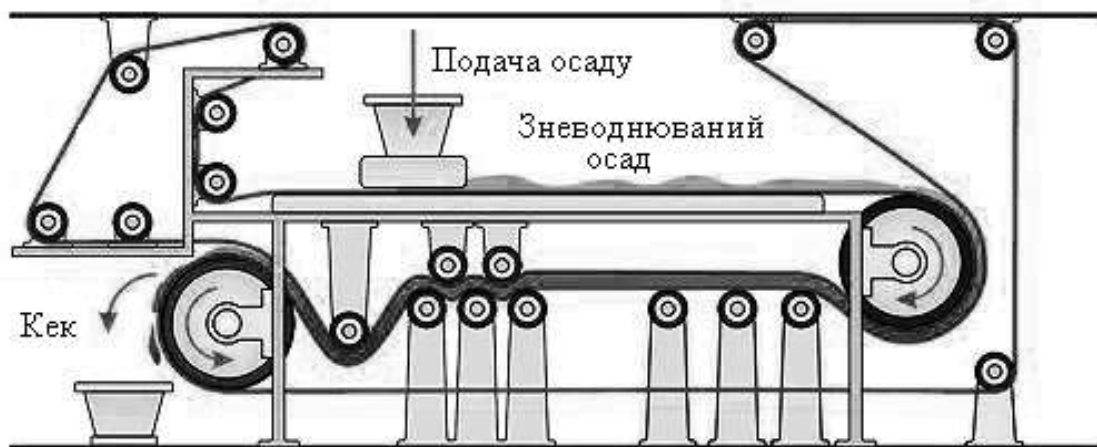


Рис. 6.8 – Принцип дії стрічкового фільтр-пресу

Стрічкові фільтр-преси мають зони: гравітаційного зневоднення суспензії, механічного віджиму, пресування осаду.

Оброблений розчином флокулянту для поліпшення водовіддаючих властивостей осад поступає в зону попереднього згущування на стрічці фільтр-преса. Там відбувається гравітаційне згущування. Потім осад затискається між двома перфорованими стрічками і проходить через 12 або 14 валів діаметру, що зменшується, це забезпечує поступове підвищення тиску на осад (рис. 6.8).

Зневоднений осад за допомогою скребка знімається із стрічки і скидається в вивантажувальний пристрій. Фільтрат збирається в нижній

частині преса в спеціальний лоток. Для промивки стрічок передбачено дві лінії промивки, які за допомогою форсунок безперервно очищають стрічки перед надходженням нової порції осаду.

Цех обробки осаду стандартно комплектують насосом подачі осаду, станцією приготування розчину флокулянту з вузлом дозування, фільтр-пресом (і, при необхідності, згущувачем), насосом промивної води.

Шнековий зневоднювач може бути використаний для зневоднення осаду, утворюваного в процесі очищення стічних вод господарчо-побутових, промислових, сільськогосподарських та інших об'єктів (рис. 6.9).

Такий тип установок призначений для зневоднення осадів з концентрацією завислих частинок від 2000 мг/л до 35000 мг/л. Зневоднений осад має вологість 81% і менше.

Осад після обробки флокулянтном подають в зневоднюючий барабан. В процесі зневоднення фільтрат витікає із зазорів між кільцями. По напрямку шнека ширина зазорів зменшується від 0,5 мм в зоні згущування до 0,3 мм в зоні зневоднення і в кінці до 0,15 мм. Крок витків шнека так само зменшується, створюючи тиск в зоні зневоднення, тоді як об'єм зменшується. На кінці шнека встановлена притискна пластина, яка регулює внутрішній тиск в барабані.

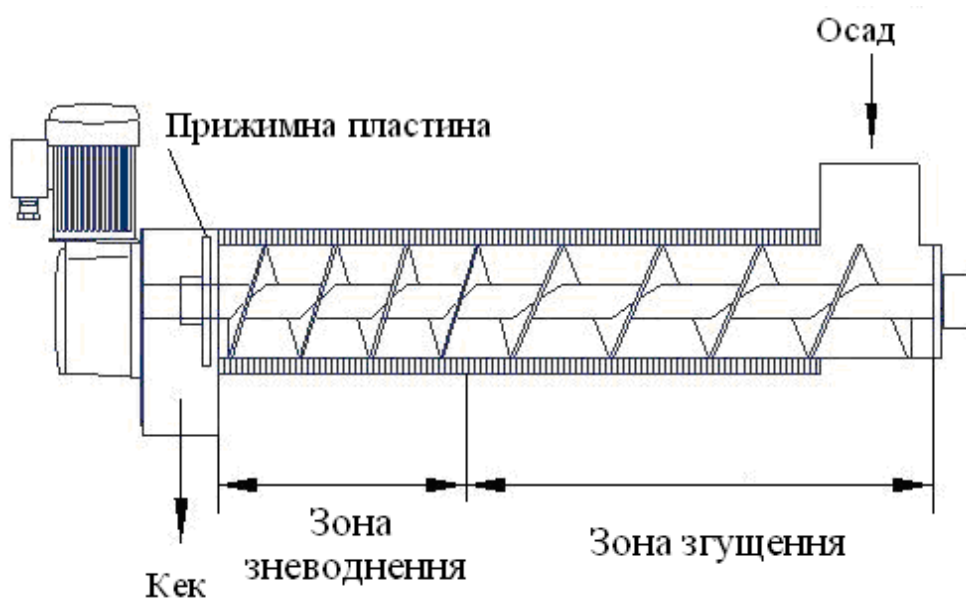


Рис. 6.9 - Шнековий зневоднювач

Дегідратор має конструкцію, яка запобігає засміченню фільтруючого барабана, таким чином, відпадає потреба у великих об'ємах промивної

води. Зневоднюючий барабан складається з шнека, що обертається з постійною швидкістю між фіксованими кільцями, рухомими кільцями і зазорами. Шнек штовхає краї рухомих кілець, що приводить до постійного руху між зазорами і таким чином запобігає засміченню.

Шнековий зневоднювач має вбудовану зону згущення, що запобігає необхідності додаткового устаткування для згущення осаду (мулозгущувач) і дозволяє зневоднювати осад з низькою концентрацією завислих частинок (від 2000 мг/л).

Преси гвинтові віджимні (рис. 6.10) призначені для ущільнення, пресування і передачі в накопичувальну ємність або на транспортер забруднень, що знімаються з каналізаційних сміттєстримних пристроїв (грат, проціджувачів та ін.).

Прес дозволяє зменшити об'єм забруднень до скидання їх в приймальну ємність на 70-75%.

Камерні фільтр-преси складаються з декількох фільтрувальних плит і фільтруючої тканини, протягнутої між ними за допомогою направляючих роликів. Підтримуючі плити зв'язані між собою вертикальними опорами, які сприймають навантаження від тиску всередині фільтрувальних плит.

Схема дії раніше використовуваного фільтр-пресу автоматичного камерного модернізованого (ФПАКМ) приведена на рис. 6.11.

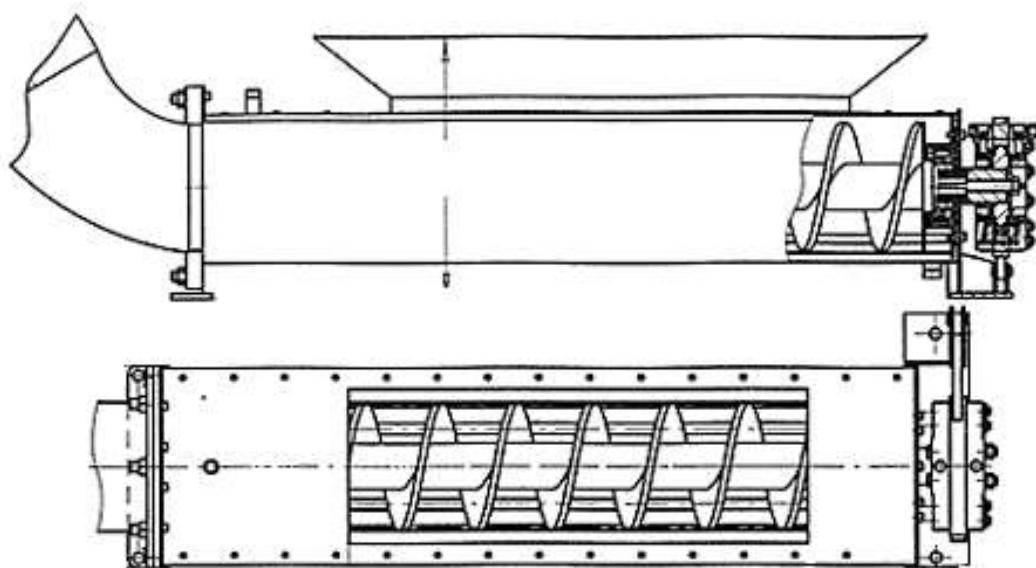


Рис. 6.10 - Гвинтовий прес

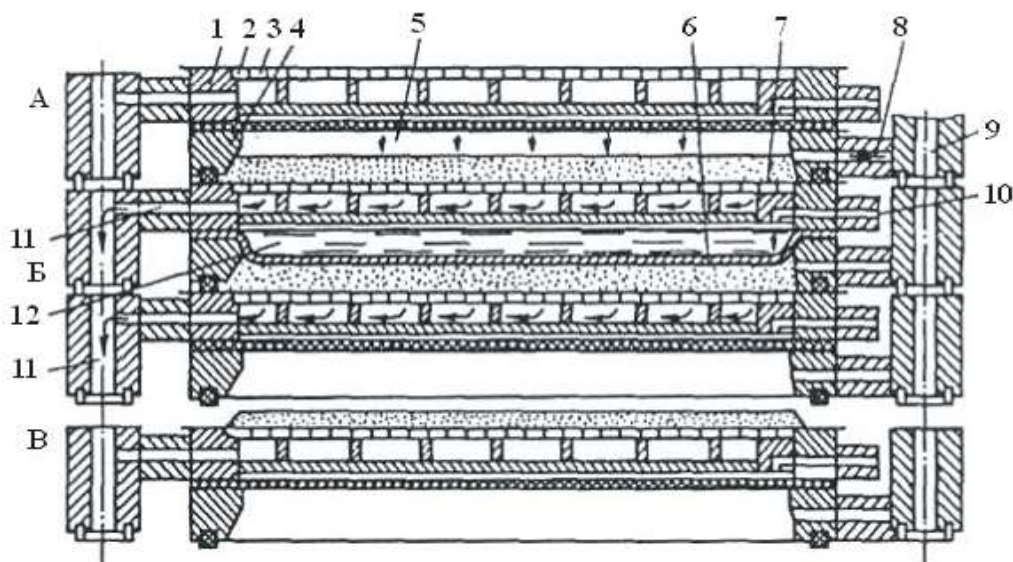


Рис. 6.11 – Схема дії фільтрувальних плит фільтр-пресу ФПАКМ:
 1 – верхня частина плити; 2 – перфорований лист; 3 – камера для прийому фільтрату; 4 – нижня частина плити у вигляді рами; 5 – камера для осаду;
 6 – еластична водонепроникна діафрагма; 7 – фільтрувальна тканина;
 8, 10 – канали; 9 – колектор для подачі осаду; 11 – колектор для відведення фільтрату і повітря; 12 – порожнина для води

Розвитком цього типу обладнання є конструкція камерних фільтр-пресів баштового типу (КМП, КМП-м) (рис. 6.12). Ця конструкція передбачає горизонтальне розташування фільтрувальної перегородки, завдяки чому процес фільтрування відбувається в найбільш оптимальних умовах, що також зменшує тривалість допоміжних операцій і, відповідно, збільшує продуктивність таких фільтр-пресів порівняно з іншими типами фільтрів.

Особливостями автоматичних фільтр-пресів баштового типу є:

- повна автоматизація робочого процесу, що не вимагає втручання обслуговуючого персоналу;
- можливість регулювання в широкому діапазоні товщини і вологості осаду;
- оптимальні умови для регенерації тканини в процесі роботи фільтру;
- розвантаження і регенерація тканини суміщені в одній операції;
- низьке споживання електроенергії, мінімальні витрати на експлуатацію і техобслуговування;
- повне видалення осаду;
- мінімальний час допоміжних операцій.

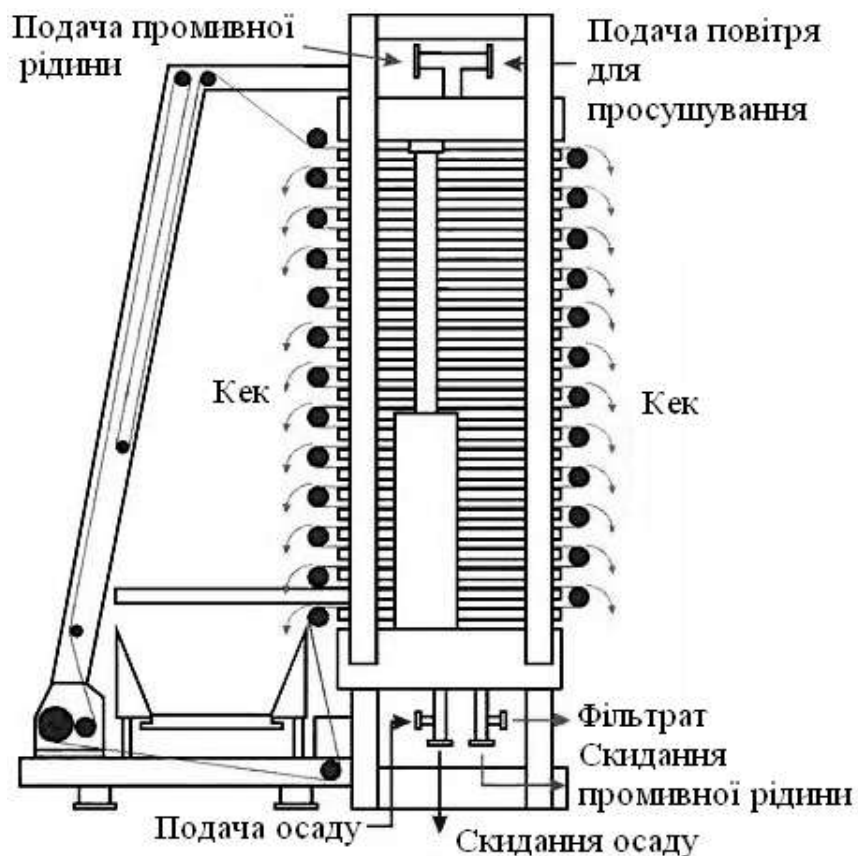


Рис. 6.12 – Фільтр-прес автоматичний камерний баштового (вертикального) типу КМП

Працюють фільтр-преси під тиском не менше 6 атмосфер, тривалість фільтрації - від декількох хвилин до 4-6 год.; це апарати періодичної дії. Перед зневодненням осаду на фільтр-пресах також вводять реагенти або флокулянти. Періодично фільтрувальну тканину промивають. Зневоднений осад скидають на стрічковий конвеєр і потім в бункер-накопичувач або на автотранспорт і вивозять. Фільтрат відводять трубопроводом в каналізаційну мережу по майданчику очисних споруд. Послідовність технологічних операцій фільтр-пресів баштового типу приведена на рис. 6.13.

Нині більш поширені *мембранно-камерні фільтр-преси*. Вони включають цілий комплекс допоміжного устаткування (рис. 16.14).

Мембранно-камерний фільтр-прес є серією вертикальних плит, що мають канали і покриті тканиною для підтримки кека. Плити змонтовані в корпусі, верхні опори якого з'єднані двома важкими горизонтальними і паралельними брусами або рейками. Конструктивно фільтр-преси підрозділяють на преси з верхньою підвіскою плит і з бічною підвіскою плит.

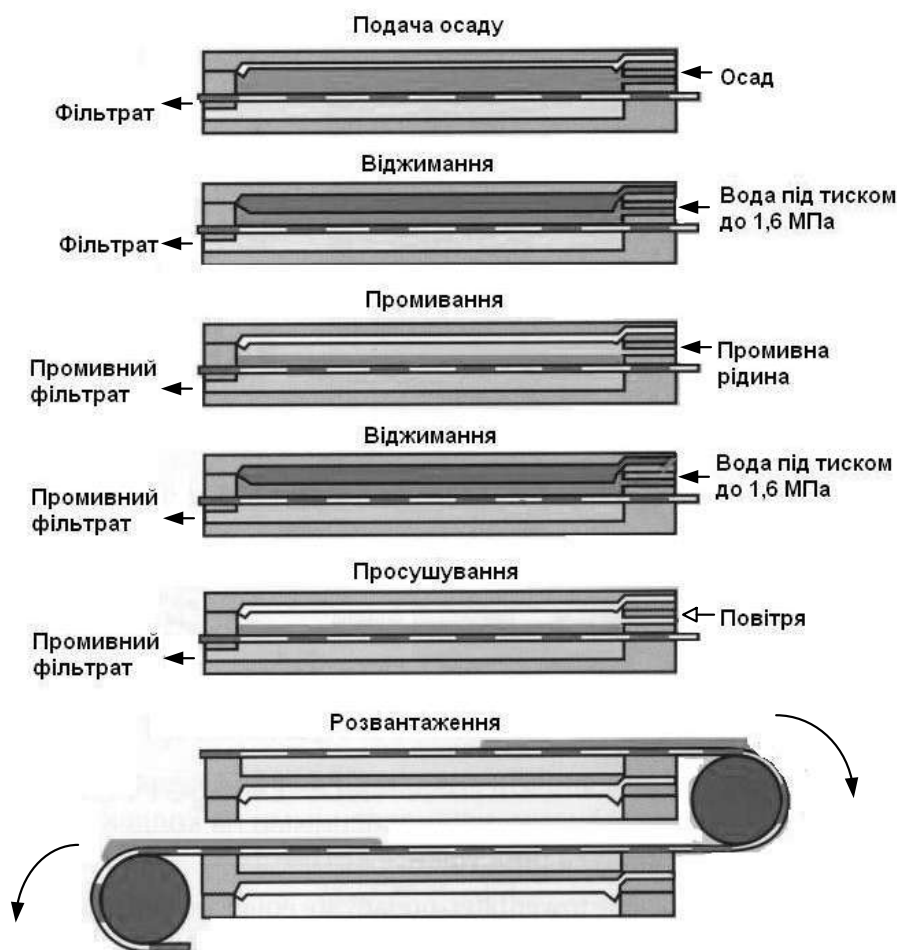


Рис. 6.13 - Технологічні операції фільтр-пресів баштового типу

На рис. 6.15 показано утворення коржа в мембранно-камерному фільтр-пресі.

Кондиціонований осад подається на фільтр-прес насосами при зростаючому тиску. Тиск наповнення - 8 атм. Тиск дожиму складає до 15 атм. Час подачі осаду і утворення шару кека зазвичай складає 40-30 хв. Час дожиму - 15-20 хв. Час вивантаження 15 хв. Загальна тривалість фільтроцикла складає до 90 хв. При вологості вихідного осаду від 94% до 97% вологість кека - 68-70%. При зневодненні на мембранно-камерних фільтр-пресах необхідне полімерне кондиціонування осаду.

Зневоднення осаду на центрифугах – це процес розділення неоднорідних систем (емульсій, суспензій) під дією відцентрових сил, що виникають в роторі, що обертається. Подаваний безперервно осад під дією відцентрових сил притискається до внутрішньої поверхні суцільного ротора.

Тверді частинки, які мають велику щільність, осідають в об'ємі суспензії і концентруються на стінках ротора, витісняючи воду в простір,

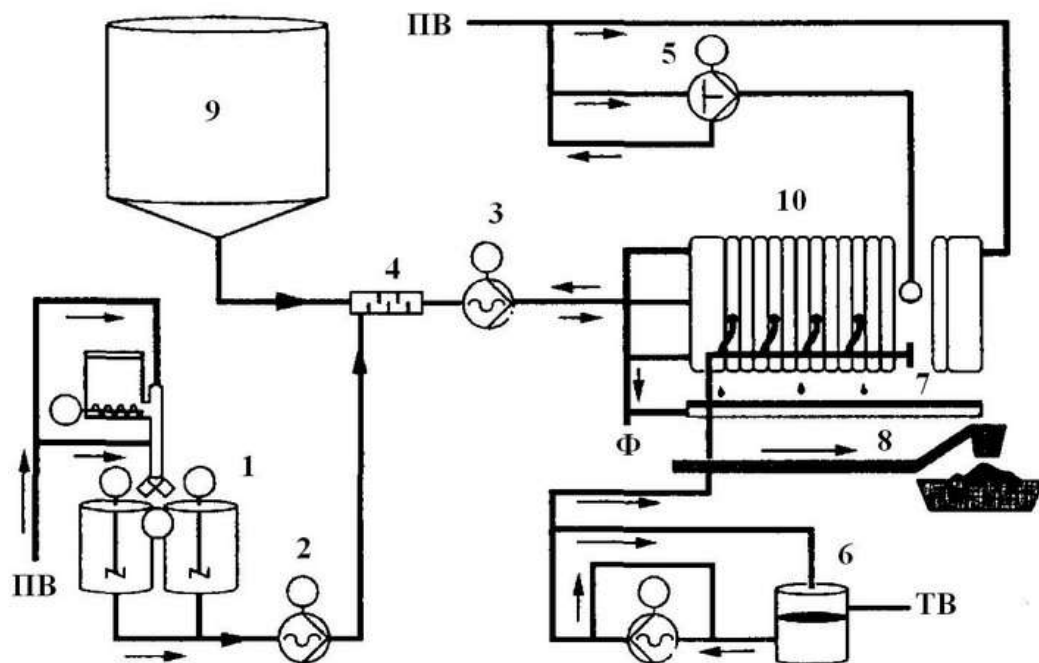


Рис. 6.14 – Технологічна схема механічного зневоднення осадів на мембранно-камерному фільтр-пресі:

- 1 – система приготування флокулянту; 2 – система дозування флокулянту; 3 – система подачі осаду; 4 – система змішення осаду з флокулянтом; 5 – система промивання фільтрувального полотна; 6 – система дожиму мембран; 7 – система відведення крапельних витоків та води від промивання тканини; 8 – система відведення зневодненого осаду; 9 – резервуар вихідного осаду; 10 – мембранно-камерний фільтр-прес; ПВ – вода питної якості; ТВ – технічна вода; Ф – фільтрат

розташований ближче до центру обертання (рис. 6.16). Це дає можливість розділити осад на фракції: тверду – кек і рідку – фугат.

Центрифугування осадів знаходить все більше розповсюдження, оскільки цей метод є досить простим в експлуатації, економічним, легко керованим, але вологість кека вища порівняно з кеком, отриманим після фільтр-пресування.

Зневодненню методом центрифугування підлягають всі види осаду (з первинних відстійників, надлишковий активний мул, суміші осадів).

Основними недоліками методу є поки що висока вартість флокулянтів, а при центрифугуванні без флокулянтів – низька ефективність затримання сухої речовини осаду, тобто утворюється фугат з високими значеннями БПК, ХПК і вмістом завислих речовин, і його необхідно направляти на подальшу обробку на споруди біологічного

очищення, збільшуючи тим самим навантаження на них. Тому основним стримуючим чинником застосування центрифуг є використання флокулянтів, оскільки наша промисловість випускає обмежене число флокулянтів, а імпорتنі дуже дорогі.

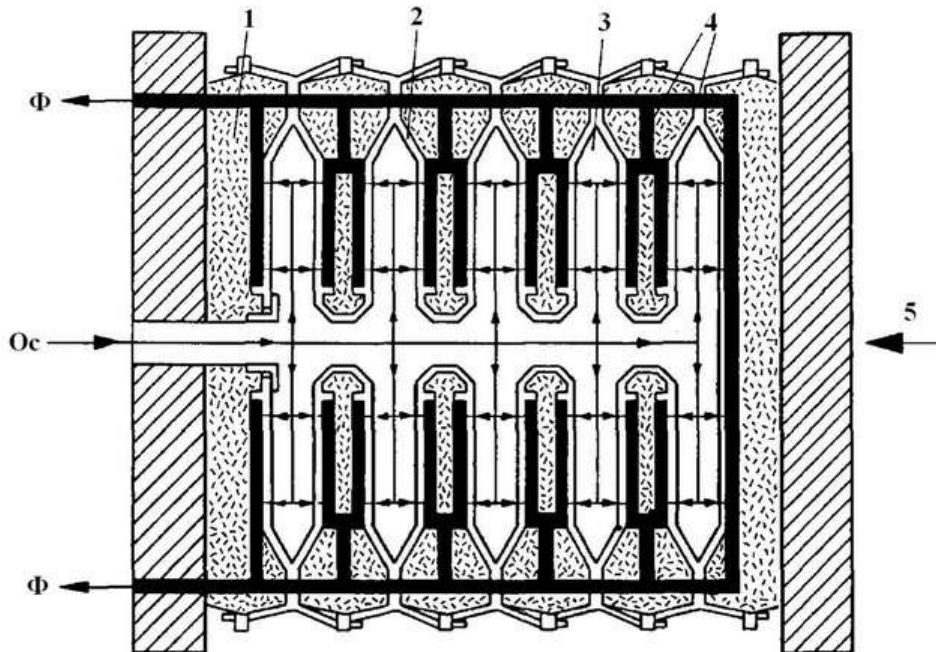


Рис. 6.15 – Схема роботи мембранно-камерного фільтр-преса:
1 – фільтрувальна плита; 2 – фільтрувальна тканина; 3 – фільтрувальна камера; 4 – збірні канали фільтрату; 5 – запорна плита;
Ос – подача осаду; Ф – відведення фільтрату

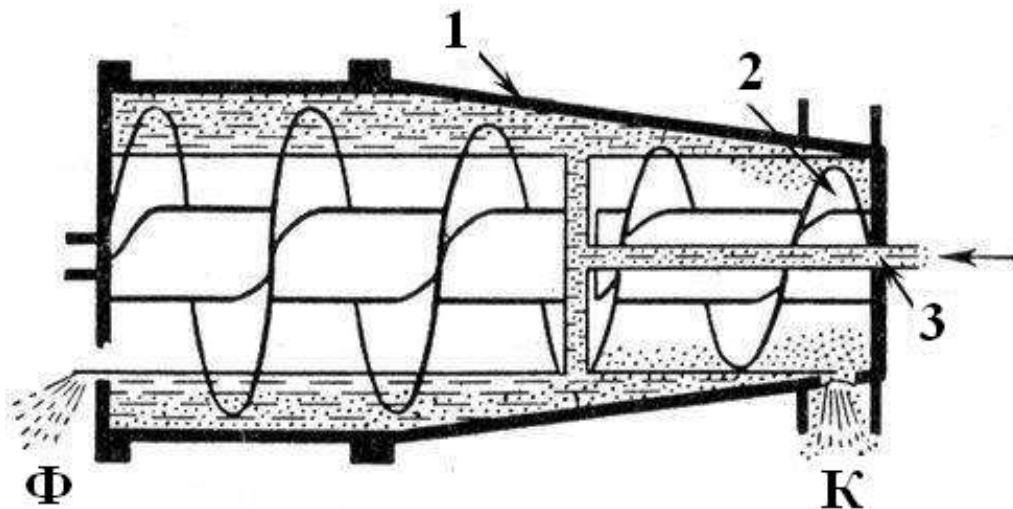


Рис. 6.16 – Схема процесу зневоднення осаду центрифугуванням:
1 - корпус центрифуги; 2 - лопасті шнека; 3 - впуск осаду

Для зневоднення осадів стічних вод застосовують серійні, безперервно діючі осаджувальні шнекові центрифуги. Основними

елементами центрифуги є конічний ротор з суцільними стінками і порожнистий шнек. Ротор і шнек обертаються в один бік, але з різними швидкостями. Під дією відцентрової сили частинки осаду відкидаються до стінок ротора і внаслідок різниці частоти обертання ротора і шнека переміщуються до отвору в роторі, через які зневоднений осад вивантажується в бункер кека, а фугат (рідка фаза) відводиться через отвори, розташовані з протилежного боку ротора (див. рис. 6.17 і 6.18).

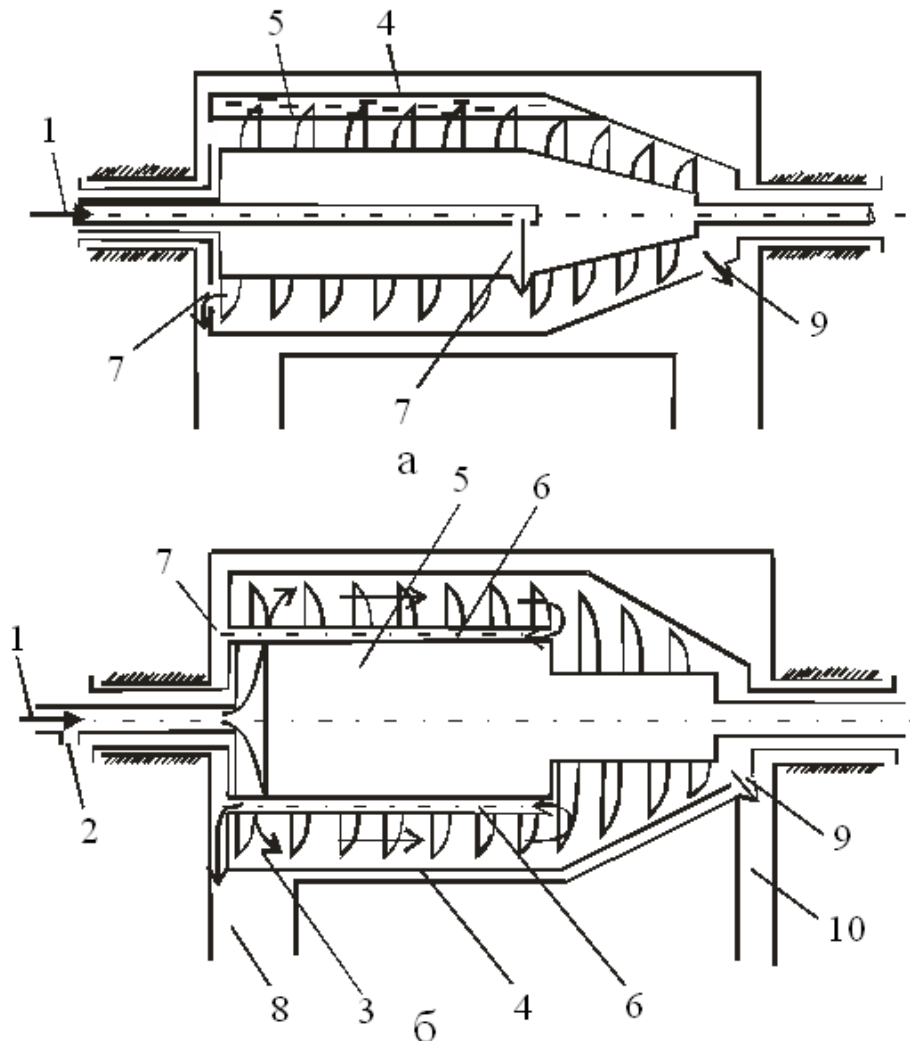


Рис. 6.17 – Принципова схема устрою центрифуг типу ОГШ:

а – протиточна, *б* – прямоточна;

1 – подача осаду; 2 – подача флокулянта; 3 – вхід осаду з приймальної порожнини шнека в ротор; 4 – ротор; 5 – шнек; 6 – переливні труби в шнеку для відведення фугату; 7 – отвір для зливу фугату; 8 – бункер для прийому фугату; 9 – вікно для вивантаження кека; 10 – бункер для прийому кека

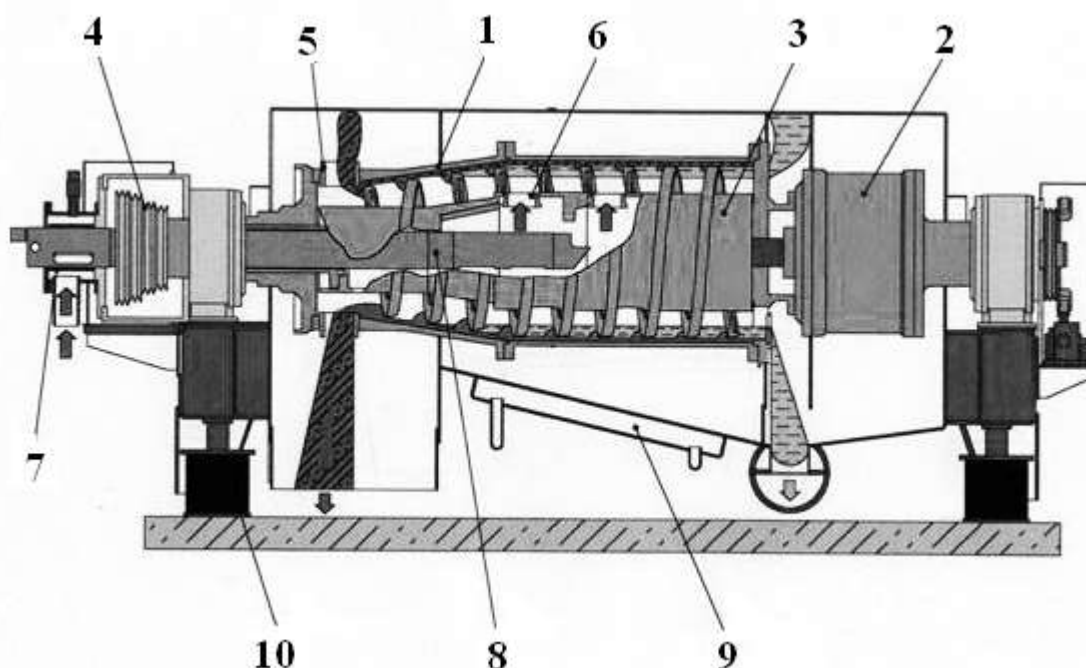


Рис. 6.18 – Горизонтальна шнекова центрифуга типу ОГШ:

- 1 – ротор; 2 – редуктор; 3 – шнек; 4 – шків ротора; 5 – вікна вивантаження осаду; 6 – завантажувальні вікна; 7 – фільтр; 8 – труба живлення; 9 – подвійне днище; 10 – опора з амортизатором

Принцип роботи горизонтальної шнекової центрифуги типу ОГШ, що є машиною безперервної дії, такий: осади, що підлягають зневодненню, поступають по трубі живлення всередину ротора, що обертається. Під впливом відцентрової сили важчі, ніж вода, частинки твердої фази (кек) осідають на внутрішній поверхні ротора. Освітлена вода (фугат) стікає через отвори в днищі ротора. Обертання шнека щодо ротора проводиться планетарним редуктором. Зміна відносної частоти обертання шнека здійснюється шляхом обертання сонячної шестерні редуктора за допомогою клиноременної передачі. Передбачені подача розчину флокулянта всередину ротора і промивка конічної частини ротора водними розчинами.

Ефективність затримання твердої фази осаду і вологість кека залежать від характеристики зневоднюваного осаду. Найбільша кількість завислих речовин міститься у фугаті при центрифугуванні активного мула.

Підбір центрифуг ведеться за їх пропускною спроможністю та за кількістю вихідного осаду, а ефективність затримання сухих речовин і вологість кека залежить від характеристики оброблюваного осаду. За табл.

63 [40] ефективність затримання сухої речовини дорівнює 10-65%, а вологість кека – 60-85%.

Центрифугування має бути пов'язане з іншими процесами, що входять в технологію обробки осадів стічних вод. За цією технологією (рис. 6.19) осад первинних відстійників, активний мул або їх суміш подають в резервуар, звідки далі на центрифугу. Для подрібнення крупних домішок, що містяться в осаді первинних відстійників, його суміші з надлишковим активним мулом і зброджених осадах, перед центрифугами встановлюють дробарки. Зневоднений осад безперервно вивантажують з центрифуги на стрічковий транспортер і потім піддають обробці термічними або іншими методами знезараження, після чого транспортером подають на складування.

Безреагентний метод центрифугування осадів стічних вод здійснюють з обов'язковою подальшою обробкою фугату.

Для практичного застосування рекомендують чотири схеми центрифугування осадів стічних вод і обробки фугата, з яких основна – схема, що передбачає *центрифугування сирого осаду первинних відстійників з подальшою аеробною стабілізацією фугата в суміші з неущільненим надлишковим активним мулом.*

За цією схемою (рис. 6.20) центрифугуванню піддають сирий осад первинних відстійників; фугат в суміші з неущільненим надлишковим активним мулом подають в мінералізатор, що є ємкістю типу аеротенка. Розрахунковий період аерації в мінералізаторі складає 6-8 діб при інтенсивності аерації $2-3 \text{ м}^3/\text{м}^2$ за годину.

Мінералізовану суміш ущільнюють в ущільнювачі протягом 3-5 год.; утворений осад вологістю 97-98% піддають центрифугуванню, а освітлену рідину скидають на очисні споруди. Утворений при центрифугуванні ущільненої аеробної стабілізованої суміші фугат знов прямує в мінералізатор.

Ефективність затримання сухої речовини аеробної стабілізованої суміші приймають 25-35% при вологості кека 60-70%.

Ущільнення активного мула перед мінералізацією в ущільнювачі більше 3 год. не допускається, оскільки це веде до погіршення умов аеробної стабілізації, збільшення кількості зв'язаної води і зниження водовіддаючої здатності мула.

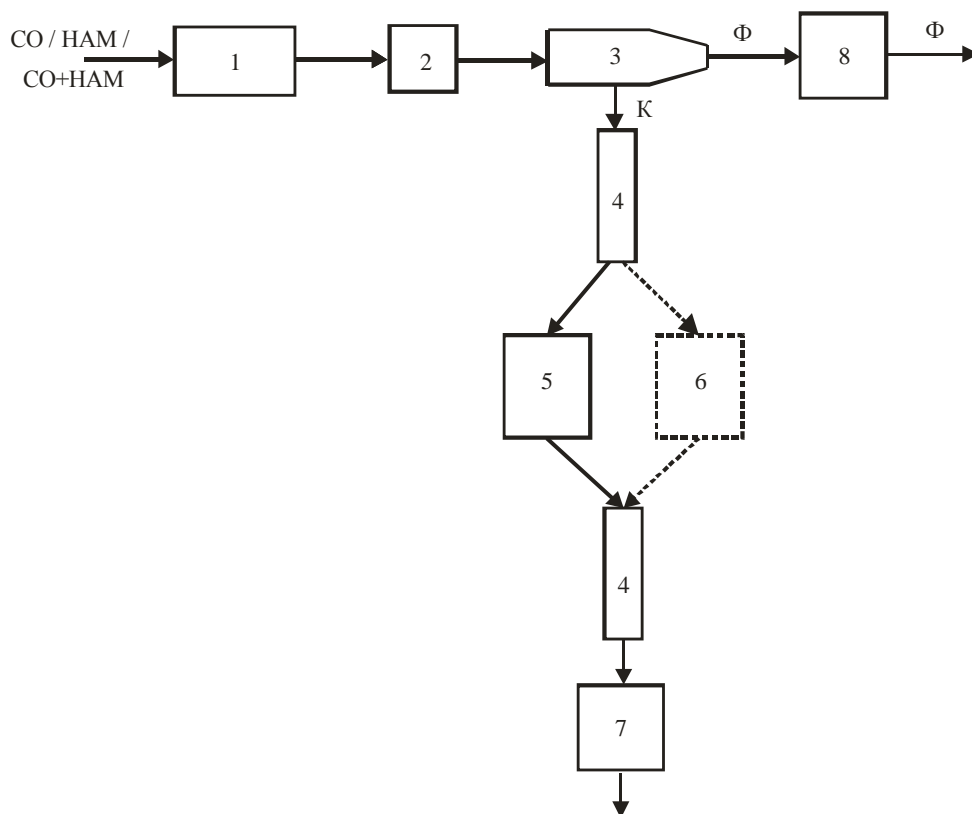


Рис. 6.19 - Схема технологічного процесу безреагентного центрифугування осаду:

СО – сирий осад; НАМ – надлишковий активний мул; К – кек; Ф – фугат;
 1 – резервуар осаду; 2 – дробарка; 3 – центрифуга; 4 – транспортер;
 5 – камера дегельмінтизації; 6 – сушарка із зустрічними струменями;
 7 – бункер або площадка для складування зневодненого осаду;
 8 – ємкість для скидання фугату

Мінералізатори можна проектувати із зоною відстоювання, яку розраховують на підвищення концентрація аеробно стабілізованої суміші до 15-20 г/л.

Допускається центрифугування суміші сирого осаду первинних відстійників і надлишкового активного мула. Фугат піддають аеробній стабілізації.

При відповідному обґрунтуванні та відсутності можливості застосування основної схеми використовують три приведені нижче.

1) *Центрифугування активного мула з поверненням фугата в аеротенки.* За цією схемою (рис. 6.21) частина активного мула з вторинних відстійників прямує на центрифугу. Отриманий в результаті центрифугування фугат використовують в суміші з циркулюючим активним мулом для очищення стічної рідини в аеротенках.

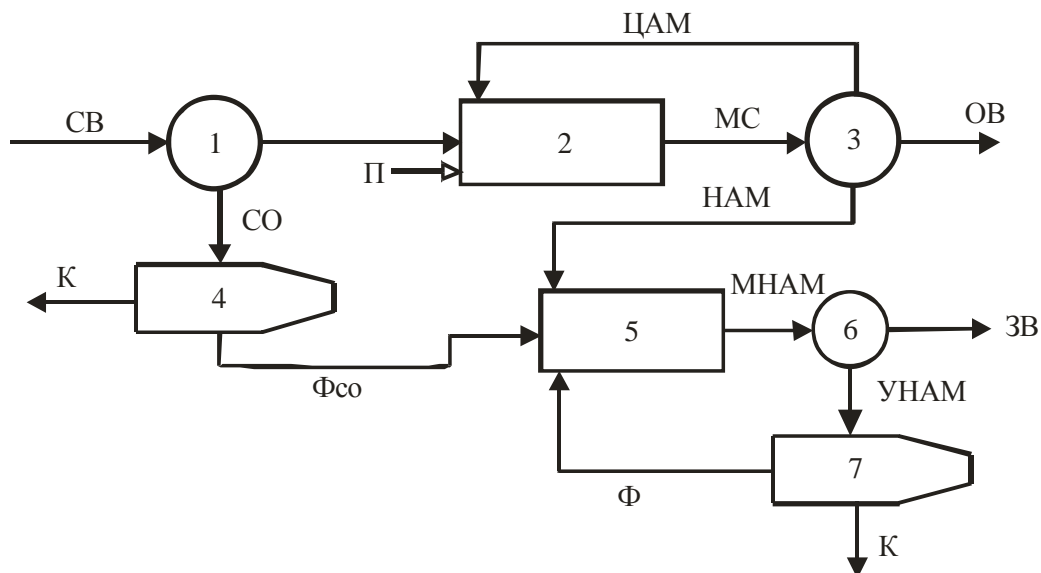


Рис. 6.20 - Схема зневоднення на центрифугах сирого осаду первинних відстійників з подальшою аеробною стабілізацією фугата в суміші із неущільненим надлишковим активним мулом:

СВ – стічна вода; СО – сирий осад; МС – мулова суміш; П – повітря; ЦАМ – подача циркулюючого активного мула в аеротенки; НАМ – подача надлишкового активного мула в мінералізатор; МНАМ – мінералізований надлишковий активний мул; УНАМ – ущільнений надлишковий активний мул; К – кек; ФСО – подача фугата від центрифугування сирого осаду в мінералізатор; Ф – повернення фугата в мінералізатор; ОВ – очищена стічна рідина; ЗВ – скидання зливної води з ущільнювача в первинні відстійники; 1 – первинні відстійники; 2 – аеротенки; 3 – вторинні відстійники; 4, 7 – центрифуги; 5 – мінералізатор; 6 – мулоущільнювач;

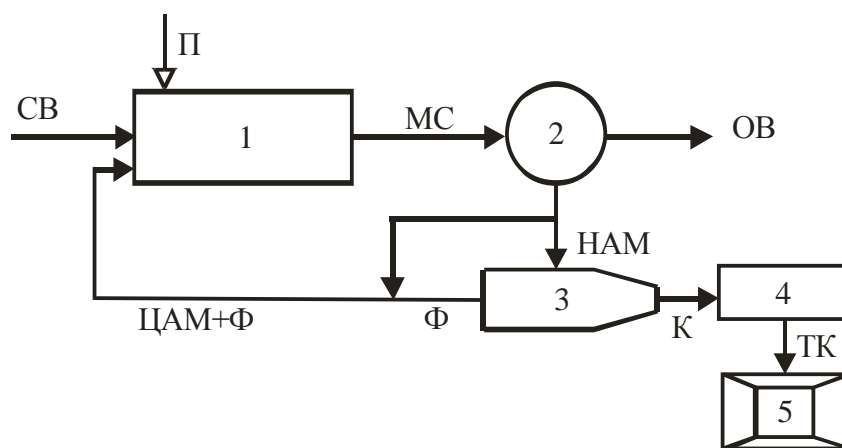


Рис. 6.21 - Схема центрифугування активного мула з поверненням фугата в аеротенки:

СВ – стічна вода; П – повітря; МС – мулова суміш; ОВ – очищена стічна рідина; ЦАМ – подача циркулюючого активного мула в аеротенки; НАМ – подача надлишкового активного мула на центрифугування; К – кек; Ф – фугат; ТК – кек після термічної обробки; 1 – аеротенки; 2 – вторинні відстійники; 3 – центрифуги; 4 – термообробка зневодненого осаду; 5 – бункер обробленого осаду

Навантаження на аеротенки і винесення завислих речовин з вторинних відстійників при використанні схеми не збільшується і розраховується відповідно до рекомендацій [40].

2) *Центрифугування сирого осаду первинних відстійників з скиданням фугата перед головними спорудами.* При використанні даної схеми необхідно враховувати відповідне збільшення навантаження на первинні відстійники і аеротенки.

При розрахунках споруд біологічного очищення враховують збільшення концентрації завислих речовин в стічній рідині, що поступає, визначуване за формулою

$$C_n = C_1 + \frac{C_1 \cdot m \cdot 1 - K}{1 - m \cdot 1 - K}, \text{ г/л}, \quad (6.1)$$

де C_n - концентрація завислих речовин в суміші стічної рідини з фугатом, г/л;

C_1 - концентрація завислих речовин в стічній рідині, що поступає, г/л;

m - коефіцієнт винесення завислих речовин з центрифуги, який дорівнює $1 - \frac{\varepsilon}{100}$;

ε - ефект затримання сухої речовини, %

K - коефіцієнт винесення завислих речовин з відстійників, який дорівнює $1 - \frac{E}{100}$;

E - ефект освітлення стічної рідини, %.

Відповідно збільшенню навантаження на аеротенки слід враховувати приріст активного мула.

3) *Зневоднення на центрифугах збродженого осаду з скиданням фугата на мулові площадки.* Навантаження фугата на мулові площадки рекомендується збільшувати порівняно з розрахунковими навантаженнями, що рекомендуються [40], в 2-3 рази.

При введенні в осад флокулянта продуктивність центрифуг зменшується в 2 рази, проте ефективність затримання сухої речовини збільшується до 90-95%.

Зіставлення методів і апаратів для механічного зневоднення осадів показує, що кожен з них має ряд переваг і недоліків (табл. 6.1). Перевагою

вакуум-фільтрів є можливість обробки осадів без виділення піску і розповсюдження запаху. Слід враховувати, що для нормальної роботи вакуум-фільтрів необхідне допоміжне устаткування: вакуум-насоси, повітродувки, ресівери, відцентрові насоси та пристрої, що забезпечують постійне живлення вакуум-фільтра. Недоліками вакуум-фільтрів є складність управління, низька надійність, неможливість використання органічних флокулянтів для кондиціонування осаду, громіздкість, підвищена витрата електроенергії та забрудненість навколишнього середовища. За цих обставин вакуум-фільтри практично не використовують на міських каналізаційних очисних станціях.

Фільтр-преси застосовують для обробки стискуваних аморфних осадів в тих випадках, коли осад направляють після зневоднення на сушку або спалювання, або коли необхідно отримати осад з мінімальною вологістю. Це устаткування раціонально використовувати для зневоднення осадів промислових стічних вод з високим вмістом мінеральних складових.

Перевагами методу *центрифугування* осадів є простота, економічність і керованість процесом. Після обробки на центрифугах отримують осад низької вологості.

Таблиця 6.1 - Порівняльні характеристики установок для механічного зневоднення осадів

Установки	Основні переваги	Основні недоліки
Шнекові фільтр-преси	<ul style="list-style-type: none"> • невелика витрата промивної води (немає необхідності в постійній промивці); • мінімальний шумовий фон і вібрація (немає необхідності в могутніх фундаментах); • відсутність запаху і випаровувань в цеху. 	<ul style="list-style-type: none"> • складність обслуговування (постійне чищення шнека і перфорованого циліндра); • відсутність візуального контролю за процесом (існують тільки інспекційні отвори); • підвищена сприйнятливості до зміни властивостей і концентрації вихідного осаду • висока зношуваність корзини, необхідність заміни підшипників; • ремонт можливий тільки в заводських умовах;

Установки	Основні переваги	Основні недоліки
Центрифуги	<ul style="list-style-type: none"> • компактність установок; • можливість роботи за безреагентними схемами та із застосуванням флокулянтів; • висока продуктивність; • відсутність запаху; • мінімальна витрата промивної води. 	<ul style="list-style-type: none"> • низька якість фільтрату. • необхідність видалення з осадів крупних включень і піску; • необхідність періодичного наплавлення або заміни шнеків; • високе енергоспоживання.
Стрічкові фільтр-преси	<ul style="list-style-type: none"> • відсутність деталей і вузлів, що швидко зношуються; • низька витрата електроенергії; • висока продуктивність одиниці устаткування; • низька концентрація завислих речовин у фільтраті (фільтрат не надаватиме негативної дії на процеси очищення стічних вод при поверненні його "в голову" споруд); • можливість візуального контролю за процесом механічного зневоднення; • широкий діапазон допустимих вхідних концентрацій. 	<ul style="list-style-type: none"> • підвищені габарити і маса порівняно з центрифугами; • можливість появи запаху; • велика витрата води на безперервну промивку фільтрувальних стрічок.
Камерні фільтр-преси	<ul style="list-style-type: none"> • високий ступінь зневоднення; • чистий фільтрат. 	<ul style="list-style-type: none"> • великі габарити і маса; • складні конструкції фундаментів і вузлів вивантаження осаду; • низька питома продуктивність (з одиниці поверхні); • підвищена витрата реагентів; • періодичність дії.

Контрольні запитання:

1. До яких значень знижують вологість осадів стічних вод при їх зневодненні?
2. Охарактеризуйте природне зневоднення осаду на мулових площадках.
3. Який механізм дії мулових площадок?
4. Від яких факторів залежить площа мулових площадок?
5. Як передбачають відведення мулової води з мулових площадок?
6. Назвіть апарати, вживані для механічного зневоднення осадів стічних вод.
7. Опишіть механізм зневоднення осаду на вакуум-фільтрах.
8. Як працює барабанний вакуум-фільтр?
9. Назвіть переваги барабанних вакуум-фільтрів з полотном, що сходить.
10. Опишіть механізм зневоднення осаду на фільтр-пресах.
11. Опишіть схему вузла вакуум-фільтрування осаду з реагентною підготовкою.
12. Опишіть технологічну схему фільтр-пресування осадів.
13. Опишіть механізм зневоднення осаду на центрифугах.
14. Які види осаду підлягають зневодненню методом центрифугування?
15. Опишіть схему роздільного центрифугування сирого осаду і активного мула.
16. Опишіть комбіновану схему центрифугування осадів стічних вод.
17. Порівняйте методи та апарати для механічного зневоднення осадів.

Тестові завдання:

1. Метою зневоднення осадів є:
А) збільшення водовіддачі; В) зменшення їх об'єму;
Б) руйнування біологічно Г) зниження вологості до
розкладаної частини органічної 50-80%.
речовини осаду;
2. В процесі зневоднення вологість осадів знижують до:
А) 20-30%; В) 55-80%;
Б) 40-60%; Г) 70-90%.
3. При влаштуванні мулових площадок яку частину їх площі необхідно передбачати для устрою валиків і доріг:
А) 0,5-1%; В) 5-10%;
Б) 2-4%; Г) 20-40%.

Тема 7. ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ОСАДІВ

Як указувалося раніше, осаді міських стічних вод містять значну кількість мікроорганізмів (у тому числі і патогенних), вірусів, яєць гельмінтів, сальмонелл, і тому є небезпечними в санітарному та інфекційному відношенні. У зв'язку з цим осаді повинні піддаватися *знезараженню*. Ступінь знезараження осадів контролюють за вмістом в них яєць гельмінтів, патогенних і умовно-патогенних бактерій, сальмонелл, ентеробактерій і кишкової палички. При необхідності визначають вміст в осадах збудників різних захворювань.

При використанні осадів як добрива в них не повинно бути сальмонелл і життєздатних яєць гельмінтів, число кишкових паличок не повинно перевищувати 104, а ентерококів – 103 кл/л.

Осади можуть знезаражувати в рідкому вигляді, після підсушування на мулових площадках і після механічного зневоднення.

Для знезараження і знешкодження осадів можуть використовувати *термічні* (прогрівання, сушка, спалювання), *біотермічні* (компостування), *хімічні* (обробка хімічними речовинами) і *біологічні* (знищення мікроорганізмів простішими, грибами й рослинами ґрунту) методи, а також різноманітні види *фізичної дії*: радіація, струм високої частоти, ультразвук, ультрафіолетове опромінювання. У наш час на практиці використовують в основному термічні, біохімічні й хімічні методи знезараження осадів.

Знезараження рідких осадів нагріванням до температури 100°C при експозиції в декілька хвилин забезпечує загибель яєць гельмінтів і відмирання патогенних мікроорганізмів. При температурах 52-56°C впродовж 5 хв. гине багато патогенних бактерій, при температурі – 62-74°C і тривалості експозиції близько 30 хв. відмирають віруси. Згідно [28] знезараження й гельмінтизацію сирих, мезофільно зброджених і аеробно стабілізованих осадів слід здійснювати шляхом їх прогрівання до 60°C не менше 20 хв. Проте, як показали результати досліджень, для повного знешкодження патогенних бактерій і яєць гельмінтів при температурі 60°C тривалість експозиції повинна складати не менше 4 годин. Знешкодження осаду при тривалості експозиції 20 хв. забезпечується при температурах більше 75°C.

Найчастіше термічну стабілізацію осадів здійснюють в трубчастих теплообмінниках, використовуючи як теплоносії гарячі газу або пару, або в пристроях типу апаратів поглибленого горіння. Проте слід враховувати, що стабілізація втрачає сенс, якщо потім осад довго не утилізувався, оскільки в ньому можуть повторно розвиватися мікроорганізми, небезпечні в санітарному відношенні.

Хімічне знезараження осадів здійснюють у разі подальшого використання їх в сільському господарстві як органічне добриво. Для хімічного знезараження осадів використовують аміак, тіазон, формальдегід і сечовину. Залишковий вміст в осадах названих речовин запобігає реактивації патогенних мікроорганізмів і підтримує стабільність осадів.

За кордоном великого поширення набула обробка осадів гашеним і негашеним вапном, внаслідок чого досягається їх стабілізація і знезараження, поліпшується водовіддаюча здатність. Введення гашеного вапна в осад створює лужне середовище, що приводить до припинення процесів гниття і до загибелі яєць гельмінтів. Тривалість витримки осаду після обробки гашеним вапном має бути понад 2 доби при початковому значенні рН близько 12,5. Ефективнішим є використання негашеного вапна, при змішенні якого з осадом температура його зростає до 55-70°C за рахунок екзотермічних реакцій.

Радіаційний спосіб знезараження осаду полягає в його обробці прискореними електронами і гамма-випромінюванням дозою в 1 Мрад і вище, що повністю знищує патогенні бактерії та яйця гельмінтів. Після такої обробки осад можна без перешкод використовувати як добриво. При опромінюванні необхідно створювати рівномірний шар осаду завтовшки не вище проникаючої здатності електронів.

Дегельмінтизацію осадів, тобто знищення яєць гельмінтів, здійснюють як в рідких, так і в механічно зневоднених осадах. Найпростіше дегельмінтизують рідкі осади: у них вводять гостру пару і перемішують всю масу осаду для прогрівання до температури 60-65°C.

Для гельмінтизації механічно зневоднених осадів застосовують установку Академії комунального господарства (м. Москва) (рис. 7.1). Вона складається з пластинчастого конвеєра з приймальним бункером і газових пальників інфрачервоного випромінювання. В середині приймального бункера розташовані спеціальні рамки, які формують на

конвеєрі шар осаду завтовшки 10-25 мм. На конвеєрі осад прогрівують до 60°C. Такі установки рекомендують використовувати на станціях пропускною спроможністю до 20-30 тис. м³/доб. стічних вод.

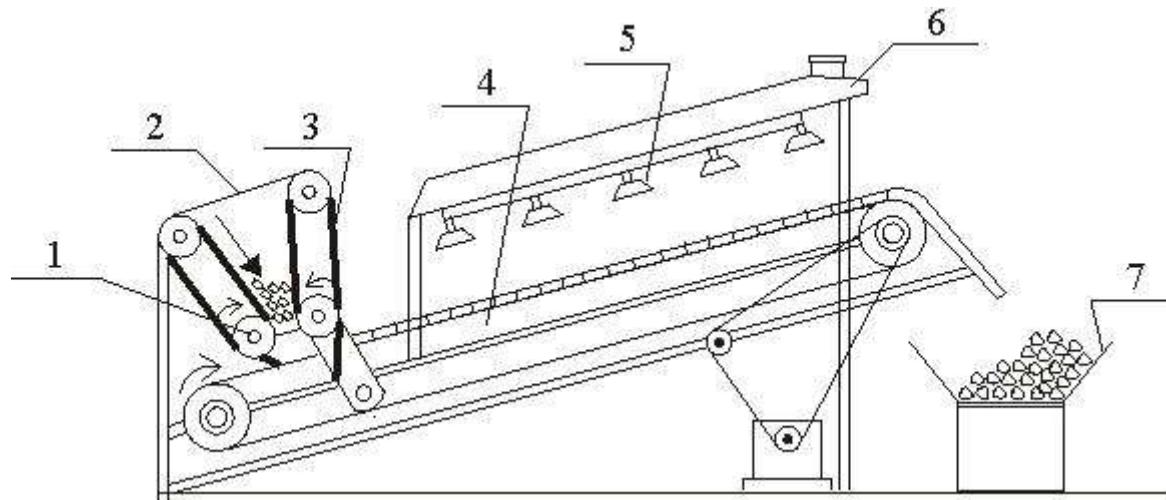


Рис. 7.1 – Схема установки для дегельмінтизації осадів:

1 – регулювальні вали; 2 – приймальний бункер осаду; 3 – рухомі стінки бункера; 4 – металева стрічка конвеєра; 5 – газові пальники інфрачервоного випромінювання; 6 – витяжна парасолька; 7 – конвеєр обробленого осаду

Біотермічна обробка (компостування) осадів стічних вод.

Ефективність біотермічного процесу залежить від фізико-хімічного складу осадів, умов життєдіяльності мікроорганізмів, типу наповнювачів, умов аерації, гомогенізації та тепломасообміну. Розроблені технологічні схеми біотермічної обробки механічно зневоднених або підсушених на мулових площадках осадів стічних вод в штабелях з наповнювачами, в штабелях спільно з твердими побутовими відходами, в біобарабанах на сміттєперероблюваних заводах, в траншеях із перемішуванням, гомогенізацією і насиченням повітрям. В процесі біотермічного розкладання органічних сполук осадів під дією мікроорганізмів спостерігається перехід від мезофільного до термофільного режиму, у зв'язку з чим зростають швидкості біотермічних реакцій.

Процес компостування складається з двох фаз. Перша фаза продовжується протягом 1-3 тижнів і супроводжується інтенсивним розвитком мікроорганізмів, а температура осаду підвищується до 50-80°C. При цьому відбувається знезараження осаду і скорочення його маси.

Друга фаза - дозрівання компосту - триваліша. Вона триває від двох тижнів до 3-6 міс. і супроводжується розвитком простих і членистоногих

організмів, пониженням температури до 40°C і нижче. Підвищення температури навколишнього повітря інтенсифікує процес розкладання органічних речовин.

Для процесу компостування важливим чинником є надходження в компостовану масу осаду кисню повітря. Стехіометрична потреба кисню для здійснення процесу в середньому складає 1-1,5 кг O₂ на 1 кг органічної речовини. Така кількість повітря необхідна для початку процесу в перші 3-6 діб і досягнення температури, достатньої для знезараження. У подальші періоди потреба в повітрі визначається також і необхідністю видалення з осаду вологи.

Для рівномірного прогрівання і забезпечення мікроорганізмів повітрям в період компостування потрібне 2-3-разове перемішування компостованої маси. Залежно від складу осаду, тривалості та умов компостування кількість органічних речовин скорочується на 25-40%.

При здійсненні біотермічного процесу в аеробних умовах компостування осаду здійснюють з наповнювачами: твердими побутовими відходами, тирсою, листям, корою, сухим осадом стічних вод. Штабелі компосту мають висоту 1,5-3 м при природній і до 5 м при примусовій аерації (рис. 7.2). Для формування штабелів використовують механізми – крани, бульдозери, екскаватори (рис. 7.3). Для аерації в основу укладають перфоровані труби діаметром 100-200 мм з отворами діаметром 5-10 мм. Витрата повітря складає 10-25 м³/год. на 1 т органічної речовини осаду. Для збору поверхневого стоку по контуру траншеї влаштовують лотки.

Компостовану масу необхідно вкривати яким-небудь матеріалом для теплоізоляції та запобігання розмноженню мух. Тривалість процесу компостування в штабелях складає 3-4 місяці. Компост отримує вигляд сипкого матеріалу. Він містить необхідні елементи для зростання й розвитку рослин, речовини, що підвищують родючість ґрунтів, корисну мікрофлору.

При біотермічній обробці суміші осаду стічних вод і твердих побутових відходів останні перед компостуванням піддають сортуванню і подрібненню, з них видаляють чорні й кольорові метали. Якщо компостування суміші твердих побутових відходів і осаду здійснюють на сміттєперероблюваних заводах, то в цьому випадку можуть

використовувати спеціальні апарати – ферментори, біобарабани, а також штабелі з механізацією всіх робіт, пов'язаних з експлуатацією штабелів.

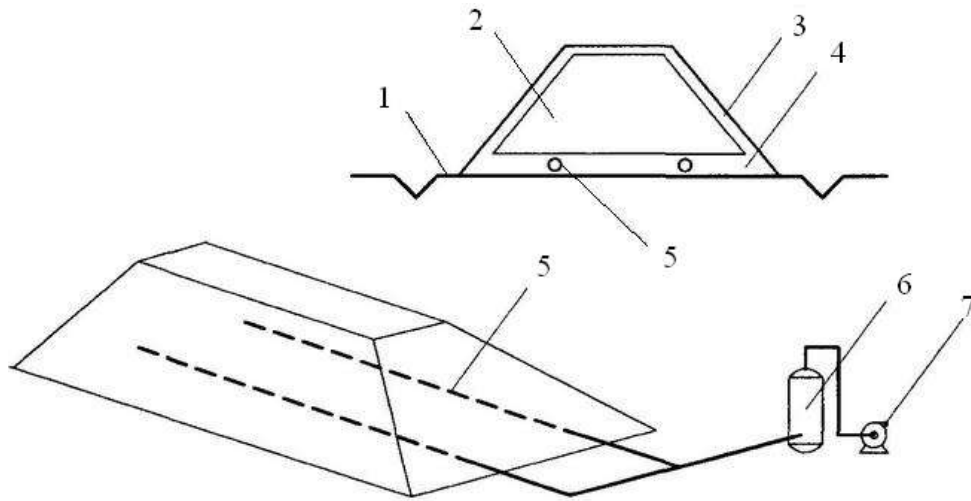


Рис. 7.2 – Схема статичної купи компостування з примусовою аерацією:

- 1 - асфальтований майданчик; 2 - штабель; 3 - вкриваючий шар;
4 - підстиляючий шар; 5 - перфоровані труби; 6 - каплевідділювач;
7 - витяжний вентилятор

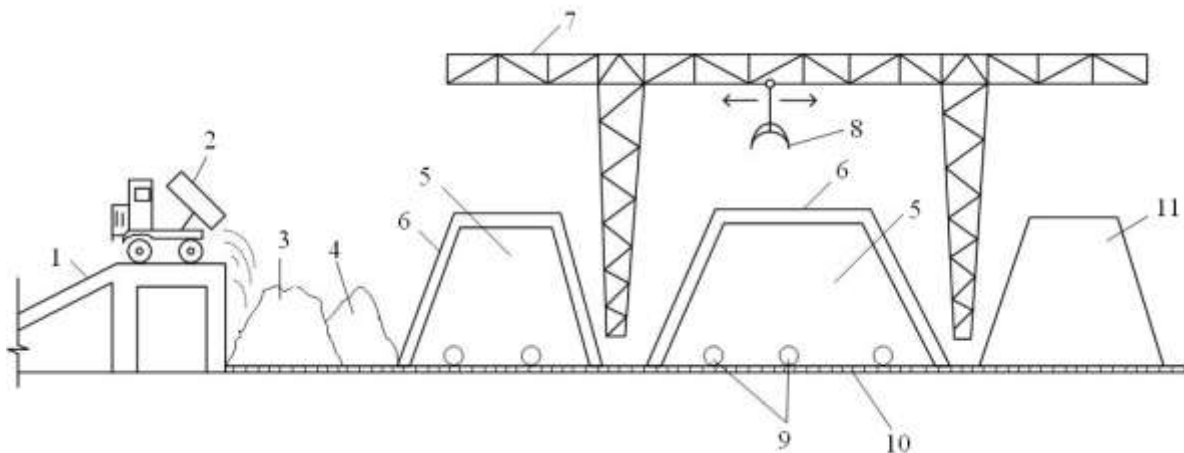


Рис. 7.3 – Схема біотермічного знешкодження і переробки осадів стічних вод і твердих побутових відходів:

- 1 – пандус; 2 – самоскид; 3 – тверді відходи; 4 – осаді стічних вод;
5 – штабелі перероблюваної суміші; 6 – покриття готовим компостом або ґрунтом; 7 – кран; 8 - грейфер; 9 – перфоровані повітропроводи;
10 – асфальтове покриття; 11 – штабель з готовим компостом

Основні технологічні операції процесу компостування приведені на рис. 7.4.

В результаті проведення процесу біотермічної обробки отримують компост у вигляді сипкого матеріалу вологістю 40-50%. Готовий компост не має запаху, не загниває і є хорошим добривом.

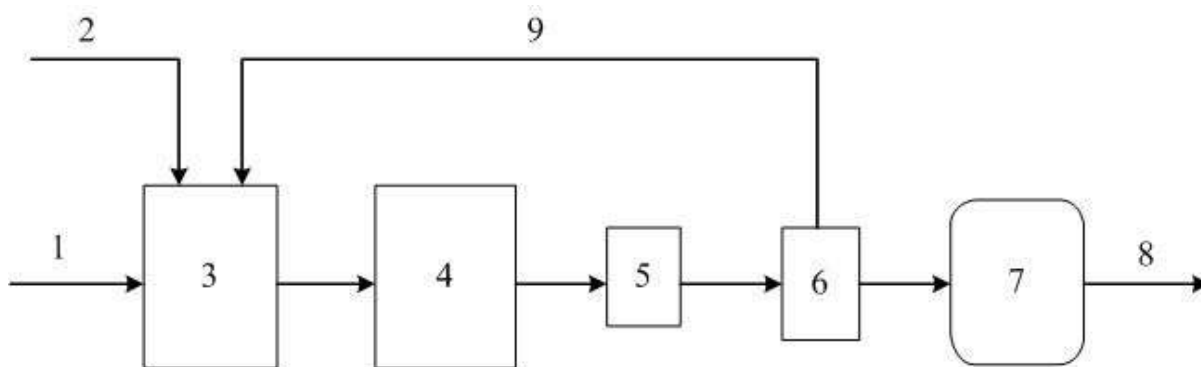


Рис. 7.4 - Технологічна схема процесу аеробного компостування осаду:

1 – подача осаду; 2 – внесення добавок; 3 – перемішування;
 4 – компостування (з продуванням повітрям); 5 – стабілізація (без продування повітря);
 6 – просіювання; 7 – консервація (зберігання); 8 – готовий компост;
 9 – добавка компосту

Загальна характеристика процесів знезараження осадів стічних вод приведена в табл. 7.1. На крупних станціях аерації доцільне застосування термічної сушки механічно зневоднених осадів, що дозволяє скоротити транспортні витрати і отримати добриво з осадів у вигляді сипких матеріалів.

Для скорочення паливно-енергетичних витрат на станціях аерації пропускною спроможністю до 20 тис. м³/доб. доцільно застосування камер дегельмінтизації, до 50 тис. м³/доб. – методів хімічного знезараження. У випадках, коли осад не підлягає утилізації як добриво, може застосовуватися спалювання з використанням отриманого тепла. Істотного зниження паливно-енергетичних і транспортних витрат досягають при використанні методів, що мають комплексність у вирішенні завдань обробки осадів, наприклад, термофільне зброджування (стабілізація та знезараження), термосушка (зневоднення та знезараження), біотермічна обробка (стабілізація, зневоднення та знезараження) та ін.

Приведені в табл. 7.1 дані дозволяють виконати попередній аналіз методів обробки осадів. Проте остаточний вибір технології обробки осадів повинен ґрунтуватися на техніко-економічних розрахунках порівняних варіантів.

Таблиця 7.1 - Показники методів знезараження осадів стічних вод

Процес	Витрата теплоти, МДж на 1 м ³ зневодненого осаду	Вологість після обробки, %	Основні переваги методу	Основні недоліки методу	Переважна сфера застосування
Обробка камерх дегельмінтизації	600-700	60-70	Простота експлуатації, невисока витрата пального	Відносно висока вологість і вартість транспортування осаду	Споруди з очищення стічних вод пропускною спроможністю до 20 тис. м ³ /доб.
Термічна сушка в сушарках зустрічними струменями	1900-2800	35-40	Скорочуються транспортні витрати, спрощується утилізація як добрива, так і палива	Висока витрата пального, потреба в кваліфікованому персоналі, необхідність очищення газів, що відходять	Те ж, пропускною здатністю більше 100 тис. м ³ /доб.
Біотермічна обробка (компостування)	-	45-50	Скорочуються паливно-енергетичні і транспортні витрати, готується якісне добриво	Необхідність устрою площадок з водонепроникним покриттям і застосування наповнювачів (побутових відходів, готового компосту, торфу, тирси і т.п.)	Те ж, пропускною здатністю до 200 тис. м ³ /доб.
Спалювання з використанням отримуваної теплоти	Від -300 до +1800	-	Значно скорочуються транспортні витрати, можливе отримання додаткової теплоти	Необхідність ефективного очищення газів, що відходять, потреба в кваліфікованому персоналі	Споруди з очищення стічних вод за відсутності споживачів добрив з осадів або високої їх токсичності

7. Надходження якого компоненту в компостовану масу осаду є важливим чинником для процесу компостування:
- А) біологічно очищеної води; В) кисню повітря;
Б) чистої води; Г) відповідних реагентів.
8. Вологість осаду після компостування складає:
- А) 80%; В) 40-50%;
Б) 55-80%; Г) 15-25%.

Тема 8. ТЕРМІЧНА СУШКА ОСАДІВ СТИЧНИХ ВОД

Термічна сушка призначена для знезараження і зменшення маси осадів стічних вод, попередньо зневоднених на вакуум-фільтрах, центрифугах або фільтр-пресах. Цей прийом спрощує завдання видалення осадів з територій очисних станцій і їх подальшої утилізації.

Осад після термічної сушки не загниває, вільний від гельмінтів і патогенних мікроорганізмів, є зовні сухим (вологістю 10-50%) сипким матеріалом.

Підвищений вміст сухих речовин та істотне скорочення об'єму осаду при термічній сушці супроводжується високим ступенем стабілізації отримуваної маси за рахунок блокування діяльності мікроорганізмів, що викликають процеси загнивання. Завдяки оптимальному підбору часу перебування осадів в апараті та підтримуваної в ньому температури вдається забезпечити повне розкладання патогенних мікроорганізмів, що дає можливість безперешкодного використання висушеного осаду в сільському господарстві. Висушений осад може бути отриманий у зручній для користувача формі: у вигляді порошку, гранул різних розмірів і форм, окатишей і навіть цегли. При цьому можливість зміни форми висушеного осаду забезпечує різні напрями його утилізації.

При проектуванні установок термічної сушки осадів слід особливу увагу звертати на ризики, пов'язані з високою в'язкістю оброблюваного осаду на проміжних стадіях процесу сушки і появою дрібних органічних частинок в теплом повітряному середовищі.

Вживані апарати розрізняють головним чином за способом передачі тепла – пряме або непряме нагрівання. Застосовують різні способи термічної сушки: *конвективний, радіаційно-конвективний, кондуктивний, сублімація в електромагнітному полі*.

Найбільш поширений **конвективний спосіб сушки**, при якому необхідна для випаровування вологи тепла енергія безпосередньо передається висушуваному матеріалу теплоносієм - сушильним агентом. Як сушильний агент можуть використовувати топкові гази, перегріта пара або гаряче повітря.

Застосування топкових газів переважне, оскільки процес сушки осадів проводять при високих температурах (500-800°C) і це дозволяє

зменшити габарити сушильних установок і витрату енергії на транспортування газів, що відходять.

Сушарки конвективного типу можна розділити на дві групи:

I - барабанні, стрічкові, щілинні та інші, в яких при продуванні сушильного агента через шар матеріалу частинки його залишаються нерухомими;

II - сушарки із завислим (псевдозрідженим) шаром (киплячим, фонтануючим, вихровим) і пневмосушарки, в яких частинки матеріалу переміщуються і перемішуються потоком сушильного агента.

Будь-яка сушильна установка складається з сушильного апарату і допоміжного устаткування - топки з системою подачі пального, живильника, циклону, скрубера, тягодувних пристроїв, конвеєрів і бункерів, контрольно-вимірювальних приладів і автоматики.

Барабанні сушарки працюють за схемою з прямоточним рухом осаду і сушильного агента (топкові гази). На рис. 8.1 показана сушарка барабанного типу. Сушильний агрегат складається з топки, сушильної камери і вентиляційного пристрою. З боку входу знаходиться завантажувальна камера, а з боку виходу - розвантажувальна камера. Топка розташована з боку входу в сушильну камеру. Для відсмоктування відпрацьованих газів встановлюють вентилятор. Барабан встановлений на катках похило до горизонту з кутом $3-4^\circ$, має привід, від якого здійснюється обертання. Температура топкових газів на вході в сушарку $600-800^\circ\text{C}$, на виході з неї - $170-250^\circ\text{C}$.

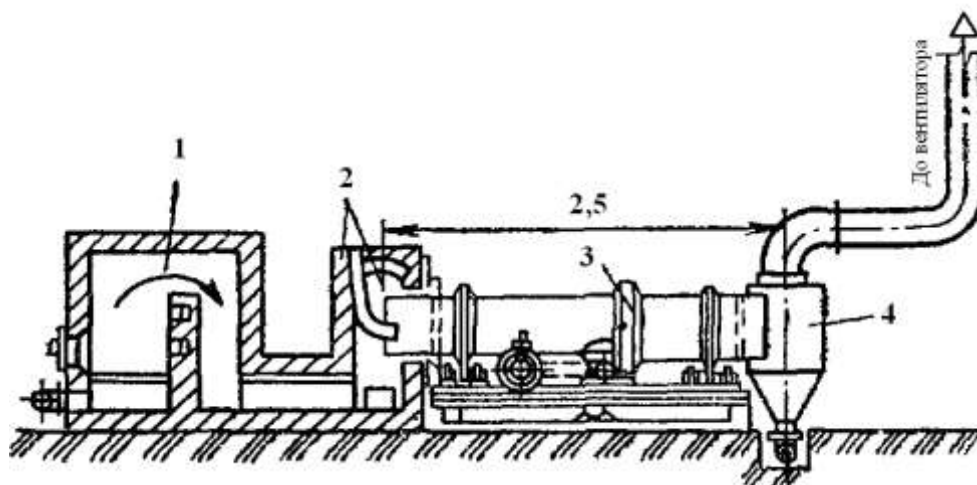


Рис. 8.1 - Сушарка барабанного типу:

1 - топка; 2 - завантажувальна камера; 3 - барабан;
4 - розвантажувальна камера

Осад перед його завантаженням в барабан вимагає деякої обробки. Вологість осаду, що поступає в барабан, має бути не більше 50%, інакше він прилипатиме до внутрішньої поверхні барабана. Для зниження вологості осаду, що поступає в барабан, до нього необхідно додавати раніше висушений осад.

Осад переміщається в барабані завдяки руху топкових газів і обертанню барабана. Частота обертання барабана 1,5-8 об/хв. Для рівномірного розподілу осаду перетином барабана всередині встановлюють насадки (гвинтова, лопатева або секторна). Для подрібнення і перемішування осаду на початку і в кінці сушарки додатково встановлюють корабельні ланцюги, що вільно підвішують до внутрішньої поверхні барабана.

Після сушки в барабанній сушарці осад не загниває, не містить гельмінтів і патогенних мікроорганізмів, має вологість 20-30%.

Серійні барабанні сушарки випускають діаметром 1-3,5 м і завдовжки 4-27 м.

Барабанні сушарки мають велику одиничну продуктивність, але мале навантаження по волозі, що обумовлює їх великі габарити, масу і металоємність. Вони мають низький ККД, вимагають високих капітальних витрат і відносно складні в експлуатації.

Технологічна схема сушки осаду на *стрічковій сушарці* за німецькою технологією Pro-Dry®, представлена на рис. 8.2.

Насоси високого тиску здійснюють завантаження в пристрій розподілу, що працює за принципом шнекового екструдера. Цей пристрій формує із зневодненого осаду довгі нитки і розподіляє їх по всій ширині верхньої стрічки шаром від 5 до 12 см.

Процес сушки здійснюють з використанням в якості сушильного агента теплого повітря з температурою до 120°C. Кількість розташованих один над одним сушильних стрічок і довжину сушильної камери визначають згідно з необхідною кількістю випаровуваної води.

Подача осаду в ексцентрикові насоси з накопичувача осаду проводиться скребками донної системи розвантаження з гідроприводом.

При сушці тепле повітря проходить крізь шар осаду і забирає з нього вологу. При цьому повітря охолоджується. Це повітря нагрівають

пальники на природному газі та знову подають в сушильну камеру, створюючи оборотний потік. Температура сушки не перевищує 150°C з міркувань безпеки. Частину потоку повітря вилучають з обороту і видаляють. Величина цього потоку розрахована так, щоб випаровувана вода виводилася з процесу. Як транспортуюче середовище для випаровуваної води в систему вводять відповідну кількість свіжого повітря. Для виключення неприємних запахів біля цеху обробки осаду вологе повітря, що виводять з процесу, піддають очищенню спочатку в скрубєрі, а потім в біофільтрах.

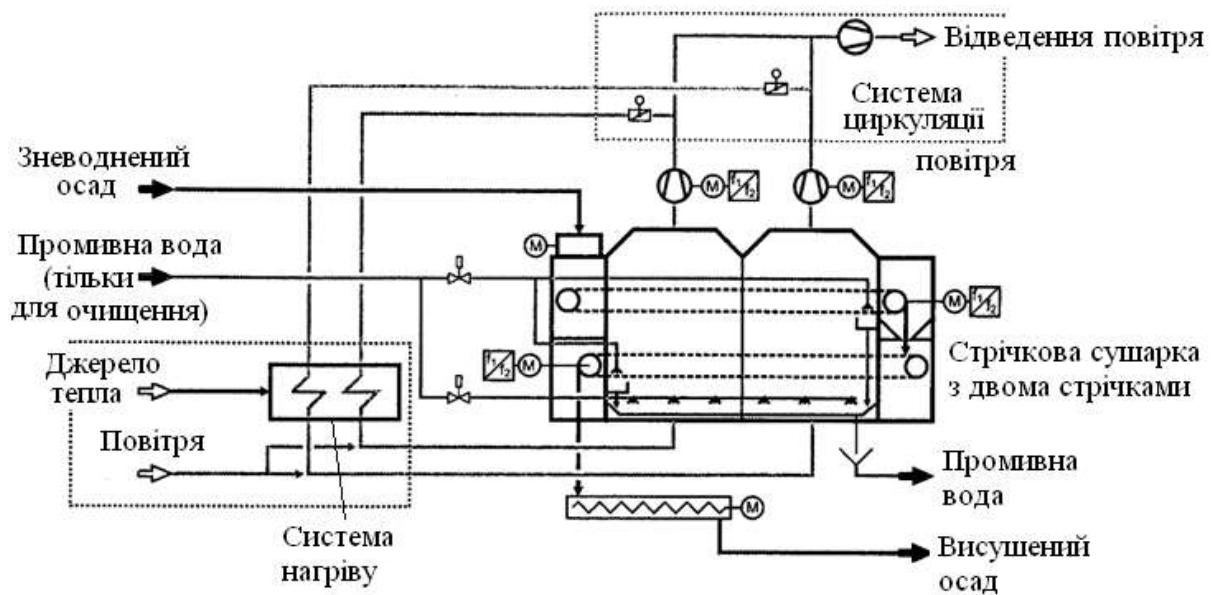


Рис. 8.2 - Принципова схема сушки осаду на стрічковій сушарці за технологією Pro-Dry®

Пройшовши по всій довжині верхньої стрічки, вже частково осушений осад скидається на розташовану нижче стрічку. Із збільшенням ступеня сушки зменшується маса і об'єм осаду. Щоб забезпечити необхідне для сушки оптимальне завантаження осаду на стрічку, для кожної стрічки передбачений окремо регульований привід. Це означає, що при перекиданні осаду на розташовану нижче стрічку висота шару налаштовується заново. Таким чином, кожна порція осаду три рази (за кількістю стрічок) проходить через сушильний об'єм, досягаючи необхідного ступеня сушки, перш ніж за допомогою шнека вивантаження покинути сушильну установку у вигляді безпилового грануляту із вмістом сухої речовини більше 65%, порівнянного за теплотворною здатністю з

бурим вугіллям. Це відкриває окрім безпечного депонування альтернативні можливості використання осаду.

Для нагріву сушильного повітря можуть бути використані пальники, що працюють на природному газі, також пристосовані для спалювання біогазу.

Сушарки із зустрічними струменями газосуспензії набули поширення останніми роками. Суть методу сушки в зустрічних струменях полягає в тому, що частинки матеріалів, знаходячись в завислому стані в гарячому газовому потоці, тобто утворюючи разом з ним так звану газосуспензію, рухаються по співісних горизонтальних трубах назустріч один одному і в результаті ударної зустрічі струменів вступають в коливальний рух, проникаючи з одного струменя в іншу. Це приводить до збільшення дійсної концентрації матеріалів в зоні сушки. При достатньо високих швидкостях сушильного агента відбувається подрібнення матеріалу. При цьому також збільшується сумарна площа поверхні тепло- і масообміну.

Основними елементами сушильної установки (рис. 8.3) є апарат із зустрічними струменями, який виконаний у вигляді двох горизонтальних розгінних труб, врізаних у вертикальну пневмотрубу, і легко-прохідний сепаратор.

Зневоднений осад подають стрічковим конвеєром і шнековими живильниками в сушильний елемент із зустрічними струменями, виконаний у вигляді двох труб, врізаних у вертикальний стояк. Сушка проводиться по ретурній схемі, тобто з добавкою висушеного осаду до осаду, що подається на сушку. Висушений гранульований осад вивантажують з апарату аерофонтану. Кек з ретуром змішують в шнековому живильнику, що забезпечує подачу однорідної за складом і вологістю суміші.

Другий ступінь сушки проходить в сепараторі легко-прохідного типу (аерофонтані). У ньому збільшується час контакту сушильного агента з осадом і відбувається класифікація частинок.

Крупні частинки осаду через шлюзовий затвор поступають в бункер готового продукту, а дрібні частинки потоком сушильного агента захоплюються у водяний скруббер.

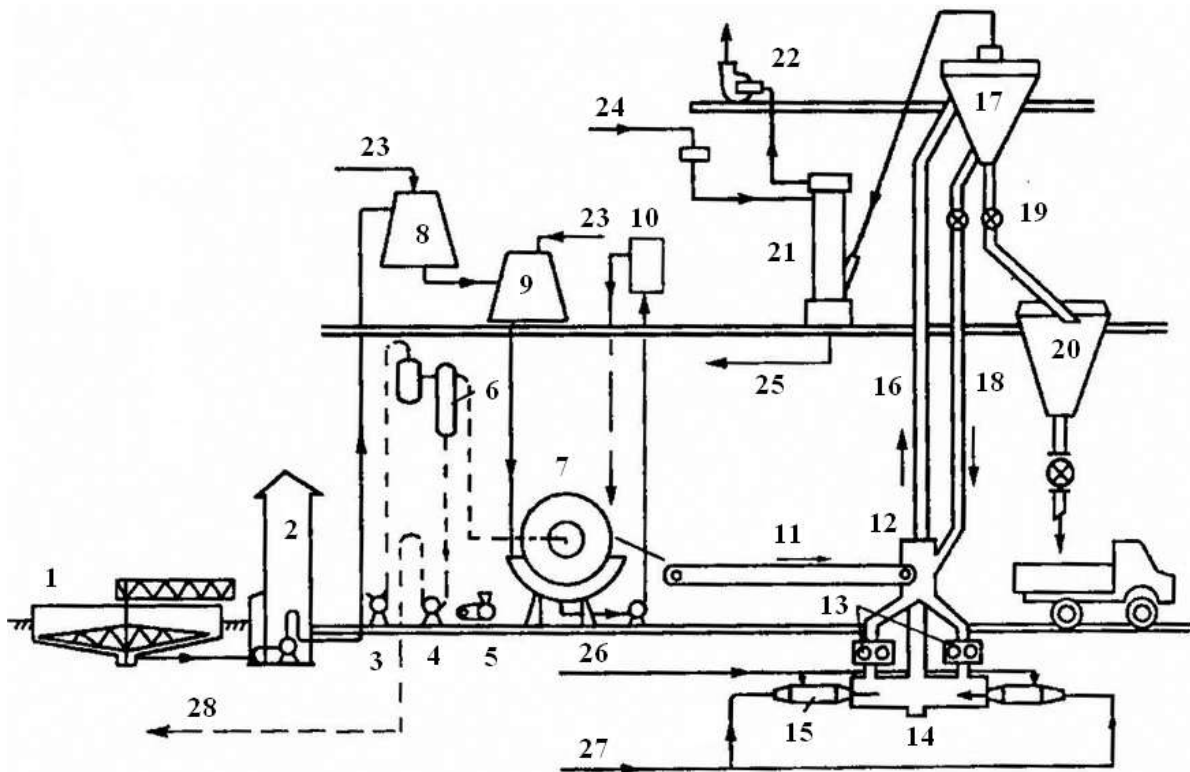


Рис. 8.3 - Схема установки для термічної сушки механічно зневоднених осадів в сушарці із зустрічними струменями:

1 - осадкоушільнювач; 2 - насосна станція; 3 - вакуум; 4 - насос для відкачування фільтрату; 5 - компресор; 6 - ресівер; 7 - вакуум фільтр; 8, 9 - змішувачі; 10 - ємкість для інгібірованої кислоти; 11 - стрічковий конвеєр для подачі осаду; 12 - приймальна камера; 13 - двовалкові шнекові живильники; 14 - сушильна камера з розгінними трубами; 15 - камери згорання; 16 - вертикальний стояк; 17 - сепаратор легко-прохідного типу; 18 - трубопровід ретура; 19 - шлюзові затвори; 20 - подача сухого осаду в бункер готового продукту; 21 - водяний скруббер; 22 - вентилятор; 23 - подача реагентів; 24 - подача води; 25 - відведення шламу; 26 - подача газу; 27 - подача повітря; 28 - відведення фільтрату

Сушарки із зустрічними струменями мають продуктивність 0,7-3 т/год. по випаровуваній волозі. Ці сушарки порівняно з барабанными сушарками дозволяють скоротити капітальні витрати в 3-4 рази, а експлуатаційні - на 15%.

У пневматичних сушарках (труби-сушарки) зневоднений осад заздалегідь змішують з термічно висушеним і подрібнюють в сушильному млині. Осад сушать у вертикальній трубі завдовжки до 20 м, по якій відбувається рух від низу до верху топкових газів і завислих в їх потоці частинок осаду. Висушений осад з вологістю 10-15% відокремлюють від газів, що відходять, в циклоні і за допомогою роздаточного вузла або

розфасовують, або подають в піч, де його спалюють. Туди ж відсмоктуючим вентилятором подають запилені гази, що відходять. Частину зневодненого осаду шнековим живильником подають в сушильний млин.

Останніми роками широке застосування отримали *сушарки з рухомим шаром*. У сушарці з фонтануючим шаром (рис. 8.4) вологий осад за допомогою живильника подається в сушильну камеру. Теплоносій, що поступає в її нижню частину через газорозподільні решітки, підхоплює частинки вологого осаду, захоплює їх за собою і фонтаном відкидає до стінок камери. Частинки осаду сповзають бічними поверхнями конуса до ґрат, де знов підхоплюються потоком теплоносія. Таким чином відбувається циркуляція осаду в сушильній камері. Висушений осад вивантажується через розвантажувальний пристрій.

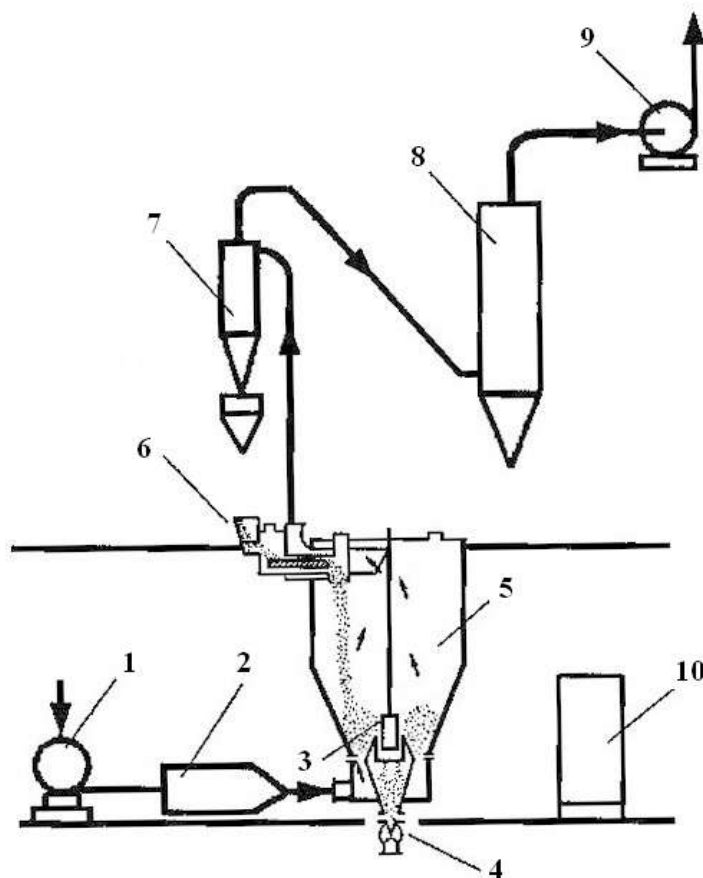


Рис. 8.4 - Схема установки для сушки осаду в сушарці з фонтануючим шаром:

1 – повітродувка; 2 – топка; 3 – переливний поріг; 4 – розвантажувальний пристрій сухого осаду; 5 – сушильна камера; 6 – завантажувальний бункер осаду; 7 – батарейний циклон; 8 – мокрий скруббер; 9 – димосос; 10 – пульт управління з контрольно-вимірювальними пристроями

Вакуумні сушарки рекомендують застосовувати на станціях пропускною спроможністю до 50 тис. м³/доб. Можна проводити вакуум-сушку сирого осаду, активного мулу або їх суміші. Перед вакуум-сушкою треба знижувати вологість осаду, наприклад, центрифугуванням.

На рис. 8.5 показана технологічна схема вакуум-сушки осадів з попереднім центрифугуванням ущільненого активного мулу до вологості 70-80%. Сирий осад поступає в резервуар-змішувач з первинних відстійників. У сушильні апарати поступає суміш осадів вологістю 90-92% за допомогою плунжерних насосів.

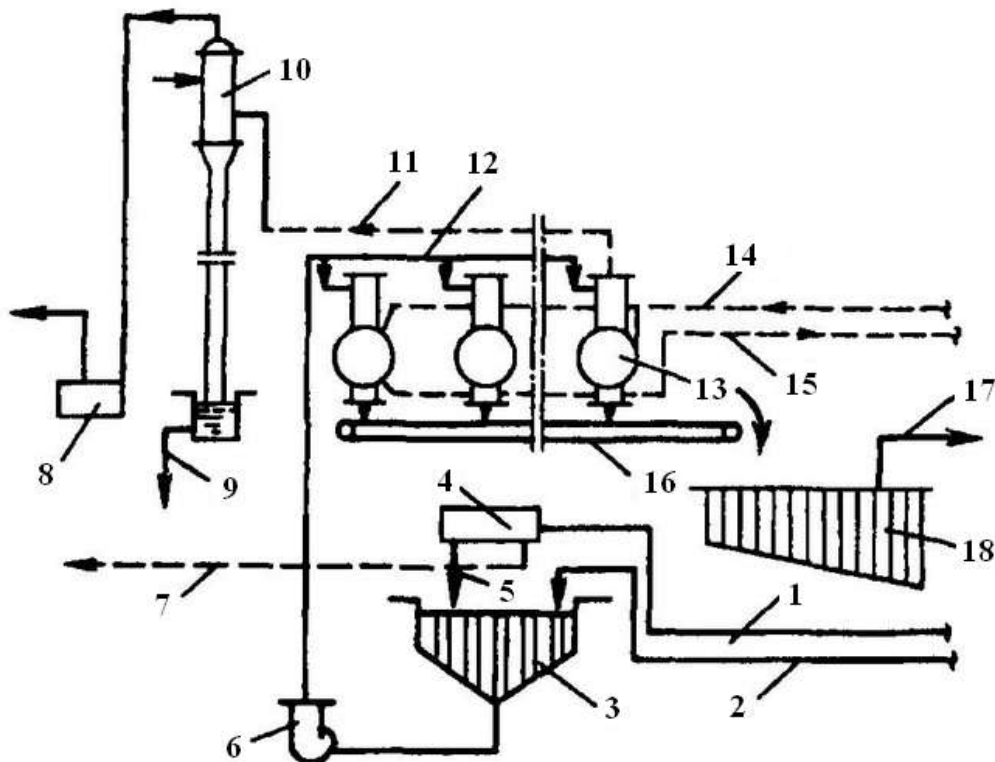


Рис. 8.5 - Технологічна схема вакуум-сушки осадів:

1 - ущільнений надлишковий активний мул; 2 - сирий осад з первинних відстійників; 3 - резервуар-змішувач; 4 - центрифуга; 5 - центрифугований активний мул; 6 - насос для подачі осаду в сушарку; 7 - фугат в аеротенки; 8 - вакуум; 9 - конденсат вторинної пари; 10 - барометричний конденсатор; 11 - вторинна пара в конденсатор; 12 - вихідний осад в сушарки; 13 - вакуум-сушарки; 14 - пара від котельної; 15 - конденсат в котельну; 16 - конвеєр сухого осаду; 17 - сухий осад; 18- бункери сухого осаду

Зазвичай застосовують барабанні вакуум-сушилки гребкового типу. Після вакуум-сушки осади мають гранульований вигляд з вологістю 30-40%.

Сушку осаду проводять за допомогою обігрівачих сорочок з водяною парою з температурою насичення 150°C.

Сушильні апарати періодично заповнюють осадом не більше ніж на половину робочого об'єму. Потім включають систему обігріву сушарок і вакуум, що створює розрідження в апараті. Вторинна пара, що утворюється внаслідок випаровування води осаду, поступає в барометричний конденсатор і звідти у вигляді конденсату прямує на очисні споруди.

На малих установках для конденсації вторинної пари можна застосовувати теплообмінники. Концентрація забруднень в конденсаті вторинної пари визначається віднесенням забруднюючих речовин з конденсатом і наявністю летючих органічних речовин.

Температура осаду в процесі сушки змінюється від 50-85°C (кипіння) до 30-40°C (в кінці сушки). При температурі біля 85°C відбувається дегельмінтизація осаду. Після закінчення сушки вакуум відключають, і сухий продукт вивантажують на конвеєр системою гребків реверсивного обертання.

Цикл вакуум-сушки осадів складає 5-10 год. і залежить від вихідної і кінцевої вологості осадів.

Термічна сушка рідких осадів вимагає великої витрати теплоти на випаровування вологи. Вона може бути економічно доцільна для сушки відносно невеликих об'ємів осадів, наприклад, для сушки активного мула і використання його як кормової добавки до раціону сільськогосподарських тварин. Для такої сушки зазвичай застосовують розпилювальні сушарки і сушарки із завислим шаром при температурі теплоносія не більш 250°C.

Контрольні запитання:

1. Для чого проводять термічну обробку осадів стічних вод?
2. Які є способи термічної сушки осадів?
3. Які застосовують сушарки конвективного типу?
4. Опишіть принцип дії барабанної сушарки.
5. Яка попередня обробка осаду необхідна перед його завантаженням в барабанну сушарку?
6. Як працює стрічкова сушарка?
7. В чому полягає суть методу сушки осадів в зустрічних струменях?
8. Охарактеризуйте схему установки для сушки осаду в сушарці з фонтануючим шаром.
9. При яких умовах рекомендують застосовувати вакуумні сушарки?
10. Дайте оцінку методів термічної сушки осадів стічних вод.

- 136

Тема 9. ЛІКВІДАЦІЯ ОСАДІВ

Ліквідацію осадів стічних вод застосовують в тих випадках, коли утилізація є неможливою або економічно недоцільною. Вибір методу ліквідації осадів визначається їх складом, а також розміщенням і плануванням очисної станції або промислового підприємства.

Спалювання – один з найбільш поширених методів ліквідації осадів стічних вод, який є найбільш ефективним засобом, що забезпечує максимальне зменшення об'єму осаду і його знезараження. Спалювання осаду стічних вод дозволяє повністю ліквідувати органічну частину осаду; неорганічна частина, що залишилася після спалювання, має мінімальний об'єм, повністю стерилізується.

Існують наступні можливості термічної переробки (спалювання) осаду:

- ▶ моноспалювання в спеціальних установках для термічної утилізації осаду;
- ▶ спалювання як додаткове паливо на електростанціях;
- ▶ спалювання як додаткове паливо на сміттєспалювальних заводах;
- ▶ піроліз (газифікація) для здобуття горючого газу;
- ▶ використання як паливозамінника.

Застосовують мокрі та вогняні способи спалювання.

Розвитку методу мокрого спалювання або термічної обробки осаду під тиском перешкоджає відсутність готового устаткування і складність його експлуатації, проте, не дивлячись на це, вказаний метод надалі може знайти широке застосування.

Вогняний метод спалювання при температурі більше 100°C застосовують при спалюванні або сушці рідких, механічно зневоднених і підсушених осадів (рис. 9.1). Заздалегідь зневоднені осади органічного походження мають теплотворну здатність 16800-21000 кДж/кг, що дозволяє підтримувати процес горіння без використання додаткових джерел теплоти.

Спалювання осаду проводять в розпилювальних пічах, у пічах з псевдозрідженим (киплячим) шаром, в барабанних і багаточеревих пічах, а також в топкових пристроях циклонного типу.

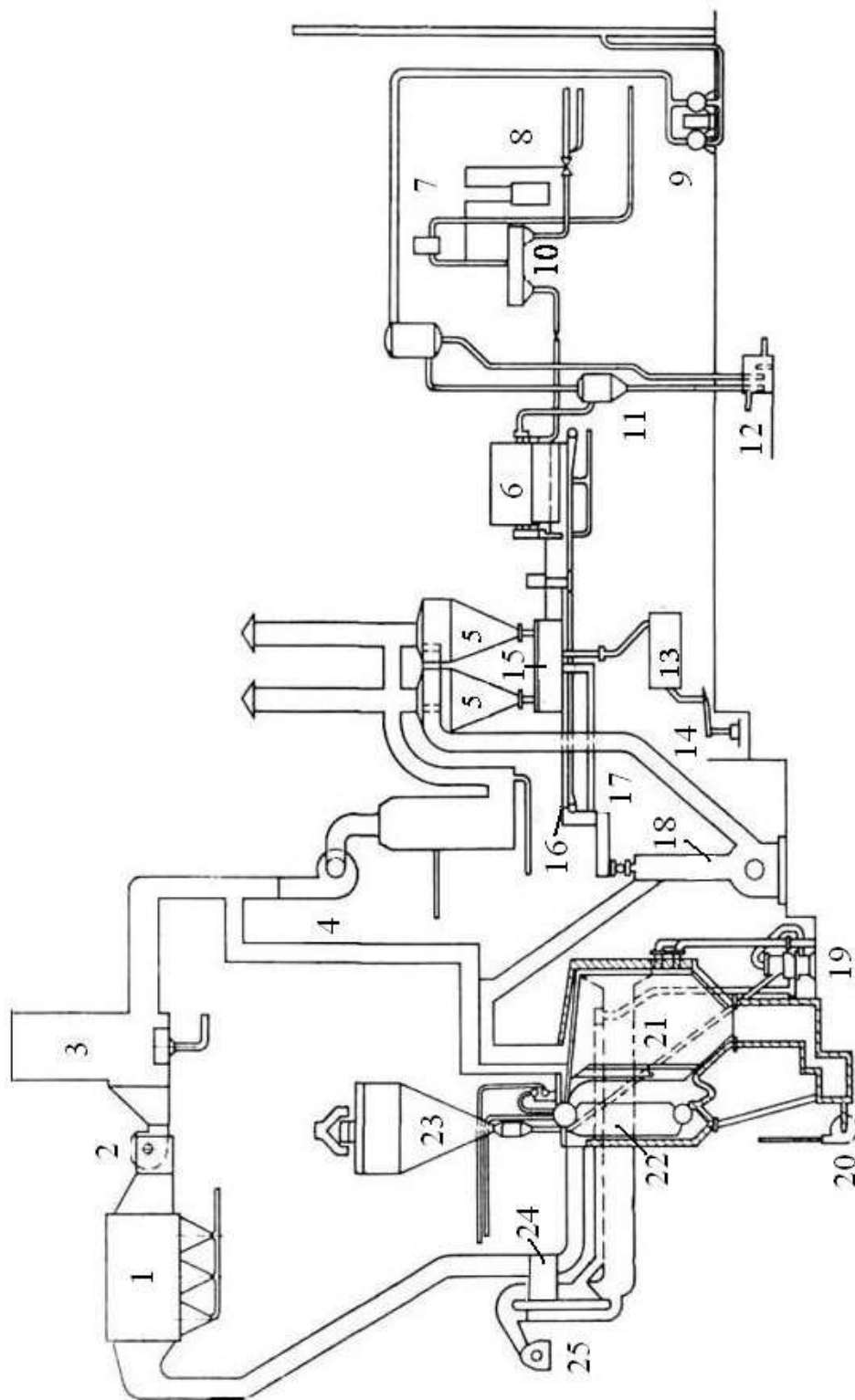


Рис. 9.1 – Технологічна схема сушки осаду:

1 – золоуловлювач; 2, 4 – вакуум; 3 – труба; 5 – сепаратор; 6 – вакуум-фільтр; 7 – напірний бак; 8 – пульт управління; 9 – вакуум; 10 – бак для осушення повітря; 11 – бак для осушення повітря; 12 – відстійник фільтрату; 13 – охолодження осаду; 14 – транспортер на склад сухого осаду; 15 – бункер для осаду; 16 – стрічковий транспортер для подачі піску; 17 – змішувач; 18 – сушарка; 19 – дробарка для подрібнення вугілля; 20 – насос для видалення золи; 21 – бункер для золи; 22 – топка; 23 – бункер для вугілля; 24 – підігрів повітря; 25 – вентилятор

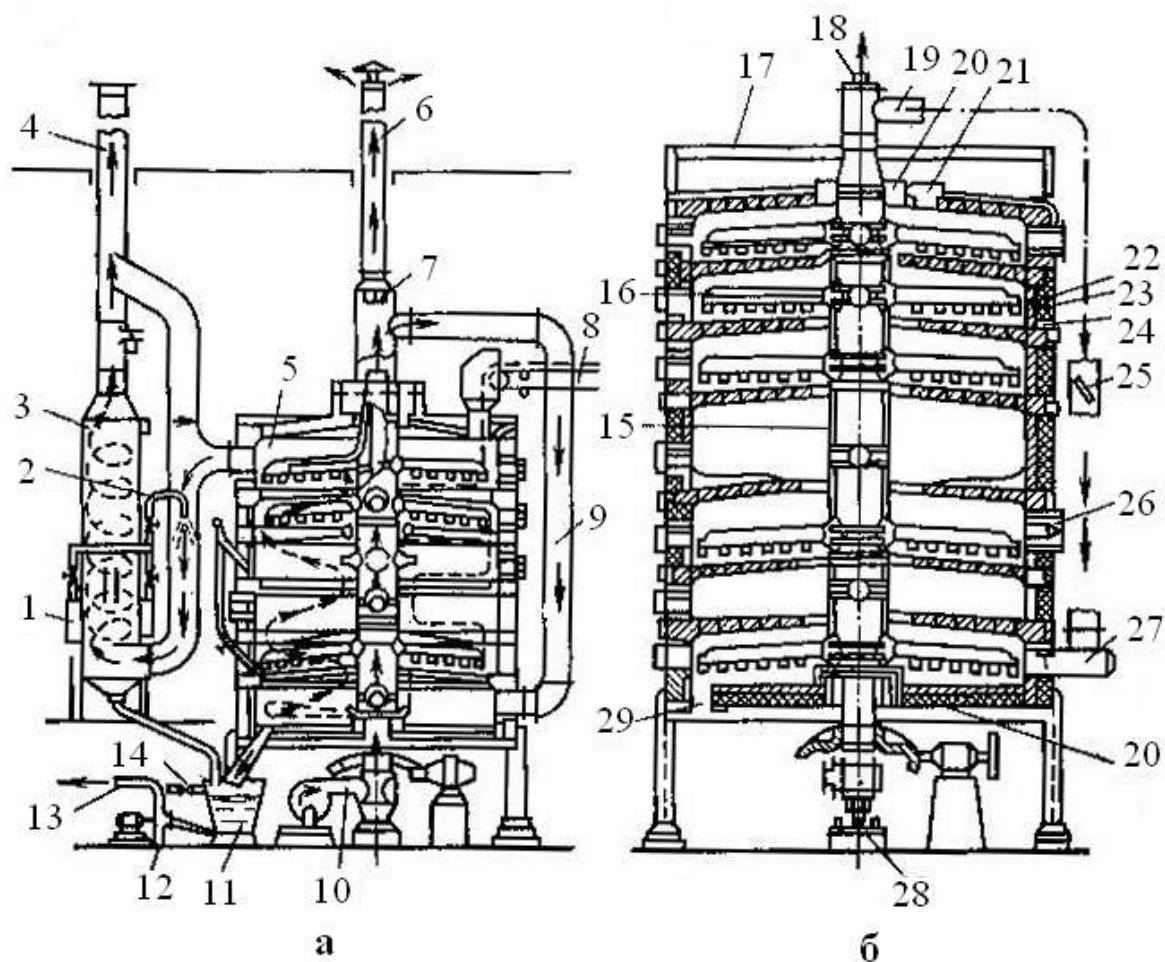


Рис. 9.2 – Схема сушки осаду в багаточеренових печах:

а – схема дії; б – поперечний розріз;

- 1, 2 – форсунки; 3 – скруббер; 4 – димова труба; 5 – топковий простір;
 6 – труба для скидання відпрацьованого повітря; 7 – заслінка;
 8 – транспортер; 9 – рециркуляційна труба; 10 – вентилятор; 11 – бак з водою для золи; 12 – насос для золи; 13 – відвідний трубопровід для золи;
 14 – трубопровід оборотної води; 15 – ізоляція; 16 – лопать; 17 – верхня рама; 18 – труба для виведення надлишку холодного повітря в атмосферу;
 19 – патрубок для повертання в топку гарячого повітря; 20 – затвор;
 21 – завантажувальний люк; 22 – сталева оболонка; 23 і 24 – відповідно ізоляційна і вогнетривка цеглина; 25 – демпфер; 26 – паливний пальник;
 27 – штуцер для повернення гарячого повітря; 28 – патрубок для введення охолоджувального повітря у вісь і лопаті;
 29 – труба для виходу золи

Багаточеренова піч (рис. 9.2) є камерою з циліндровою сталевую оболонкою діаметром 3-7 м і заввишки 4-15 м, футерована вогнетривкими матеріалами, яка має від 5 до 12 горизонтальних вогнетривких черен. Вони мають отвори для завантаження і вивантаження рухомого зверху зневодненого осаду. Димові гази рухаються назустріч потоку осаду. По вісі

печі розташований порожнистий вал, що обертається з частотою 0,5-3,5 хв⁻¹. До валу над кожним черенем прикріплені по дві радіальні мішалки із зубами, за допомогою яких осад пересувається до периферійних або центральних отворів, а через них потрапляє на лежачі нижче черени. Центральний вал і відводи охолоджують повітрям, який подає повітродувка. Повітря нагрівається топковими газами і поступає в зону горіння печі.

На верхніх черенах випаровується основна частина вологи, на середніх при температурі 800-900°C осад згорають, а в нижній частині печі відбувається охолодження утвореної золи.

Багаточереневі печі вимагають застосування дорогих жаростійких чавунів для виготовлення полого валу і скребкових мішалок, які піддаються дії високих температур і корозійного середовища. У цих печах необхідно часто замінювати скребкові зуби із-за прогорання їх в місцях занурення в шар, що горить. До інших недоліків можна віднести наявність елементів, що обертаються, в зоні високих температур; низькі питомі теплові навантаження по масі топкового об'єму, що призводять до збільшення габаритів і маси установки; високі капітальні і експлуатаційні витрати.

Барабанна піч (рис. 9.3) є похилим сталевим циліндром, футерованим вогнетривкими матеріалами. Барабан обертається з частотою 0,8-2 хв.⁻¹. Зазвичай поверхня футерування барабана гладка, спалюваний матеріал ковзає по ній, не перевертаючись, тому для досягнення ефективного вигорання органічних речовин потрібна значна довжина барабана, яка досягає у ряді випадків 15-25 м.

Схильність зневоднених осадів до грудкування (утворення клейких кульок) викликає значне недопалювання органічних речовин, тому на виході з печі встановлена камера допалювання, що одночасно є камерою осадження золи.

Футерування печі при обертанні знаходиться в умовах частоті зміни температури, що викликає утворення тріщин і швидко виводить її з ладу. Крім того, в цілях зниження маси барабана футерування роблять невеликої товщини, тому втрати теплоти в навколишнє середовище значні, і для їх поповнення потрібне додаткове пальне.

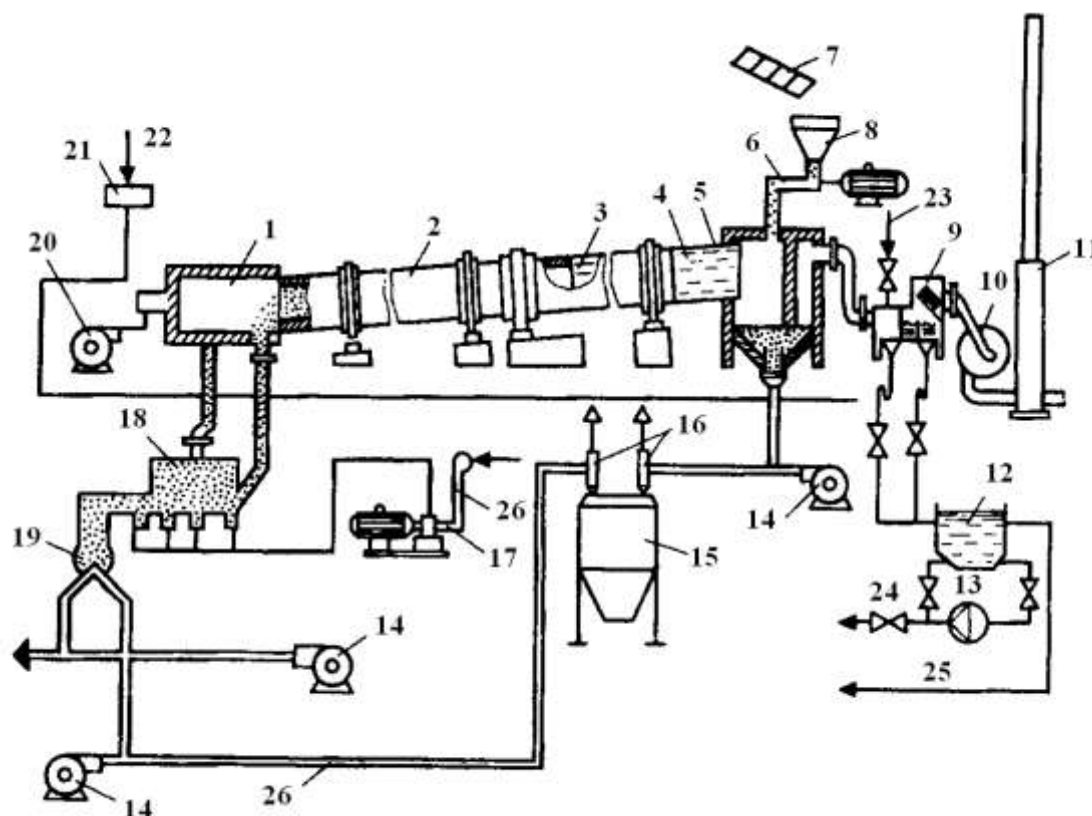


Рис. 9.3 - Схема спалювання осаду в печі, що обертається:

- 1 – топка відкатна; 2 – піч, що обертається; 3 – насадка лопатева;
 4 – насадка приймально-гвинтова; 5 – камера допалювання; 6 – шнековий живильник; 7 – стрічковий конвеєр; 8 – бункер завантаження осаду;
 9 – мокрий пилословлювач; 10 – димосос; 11 – димар; 12 – золова ємкість;
 13 – насос перекачування золової води; 14 – вентилятор пневмотранспорту;
 15 – бункер вивантаження золи; 16 – циклонний розвантажник;
 17 – повітродувки; 18 - аероохолоджувач; 19 – шлюзовий живильник;
 20 – дутьєвий вентилятор; 21 – газорегуляторна установка; 22 – газопровід;
 23 – водопровід; 24 – золопровід; 25 – каналізаційний трубопровід;
 26 – повітропровід

На рис. 9.4 представлена схема установки з використанням теплоти, що отримується від спалювання твердих відходів, для термічної сушки і спалювання осадів стічних вод. Димові гази, що утворюються при спалюванні твердих відходів в печі з температурою 900-1000°C, поступають в камеру для спалювання осадів стічних вод, в яку назустріч потоку димових газів за допомогою насоса-дозатора, компресора і розпилювача подають осад в розпорошеному стані. У камері краплі осаду підігріваються, підхоплюються потоком димових газів, згорають і піднімаються у верхню зону камери. Температура димових газів

у верхній зоні камери за рахунок випаровування вологи, що міститься в осадах стічних вод, знижується до $750-800^{\circ}\text{C}$. У цій же зоні відбувається дезодорація пари води. Димові гази, що містять мінеральні частинки осаду, золу і пари води, поступають в теплообмінник. Одночасно з бака в канал теплообмінника подається ущільнений осад з вологістю 93-95%, який підсушується до 84-89% і поступає в бак, обладнаний шнеком для роздрібнення і подачі осаду до насоса-дозатора. Димові гази, охолоджені в теплообміннику до температури $300-350^{\circ}\text{C}$, поступають у фільтр, звідки відсмоктуються вентилятором через трубу в навколишнє середовище. Тверді частинки, які осідають на фільтрі, поступають в збірник, звідки їх періодично видаляють.

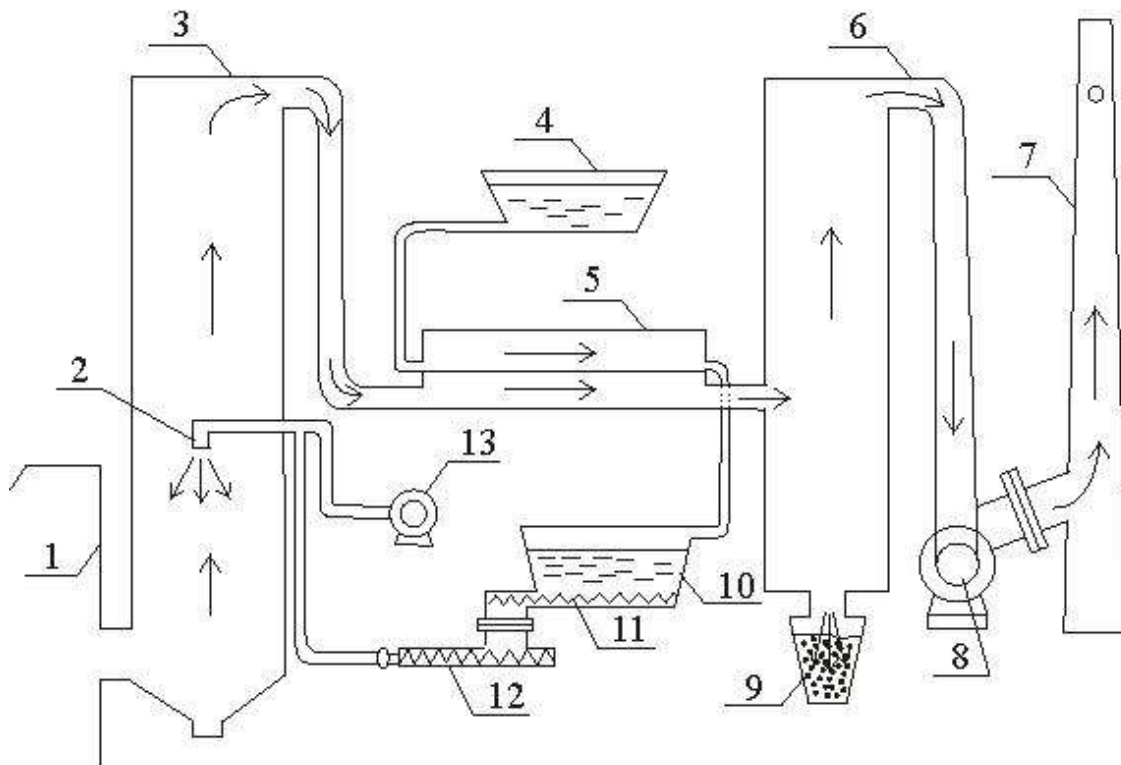


Рис. 9.4 – Схема установки для спалювання осадів стічних вод і твердих відходів:

1 – піч для спалювання твердих відходів; 2 – розпилювач;
3 – камера для спалювання осаду стічних вод; 4 – бак осаду 93-95%-ної вологості; 5 – теплообмінник; 6 – фільтр; 7 – димар; 8 – вентилятор; 9 – збірник для твердих частин; 10 – бак осаду 84-89%-ної вологості; 11 – шнек; 12 – насос-дозатор; 13 – компресор

Установки такого типу не викликають забруднення навколишнього середовища, прості в експлуатації. Вони дозволяють знешкоджувати органічні відходи (маслопродукти, розчинники, фарби, лаки та ін.) з вологістю до 60% і об'ємним вмістом механічних домішок до 10%.

Процес спалювання осадів в умовах *псевдозрідженого шару* значно ефективніший, ніж в стаціонарному шарі. Утворення псевдозрідженого шару досягають застосуванням дуття, інтенсивність якого перевищує межу стійкості щільного шару. Всі частинки в псевдозрідженому шарі інтенсивно перемішуються, рухаючись вгору і вниз.

Псевдозрідження шару матеріалу може бути здійснене в камерах (реакторах) різних конструкцій з горизонтальними перфорованими перегородками, які призначені для підтримки матеріалу до і після псевдозрідження, а також рівномірного розподілу зріджуючого агента по перетину матеріалу.

Як інертний матеріал застосовують пісок з розміром фракцій 1-5 мм або фторопласт. Висота киплячого шару 0,5-1,5 м. Оброблюваний осад, потрапляючи в інертний шар, змішується з ним, налипає на його частинки і утримується до висихання і часткового згорання.

Остаточне допалювання осаду і газів, що виділилися, проводиться у верхній частині реактора (рис. 9.5). Утворювана зола складається з пилоподібних частинок розміром 1-150 мкм і легко виноситься з реактора потоком газів, що відходять. Теплоту цих газів використовують для підігріву повітря, що подається в реактор, до температури біля 500°C, для чого після реактора встановлюють теплообмінник. Гази, що відходять, остаточно очищають від пилу в циклоні та мокрому скрубєрі. Золю видаляють (зазвичай гідравлічним способом) у золоотвал при очисній станції.

У реакторах з киплячим шаром не передбачені пристрої для видалення золи. Утворювана зола складається з пилоподібних частинок, виноситься з реактора потоком газів і уловлюється в мокрому скрубєрі. Приймається така швидкість газового потоку, яка забезпечує винесення тільки легкої фракції золи; важчі частинки залишаються в реакторі до тих пір, поки не будуть достатньо подрібнені.

Реактори з киплячим шаром забезпечують високу ефективність процесу, ці установки відрізняються компактністю і простотою експлуатації. Їх перевагою є також можливість повної автоматизації процесу.

На початку 1990-х років Водоканал Санкт-Петербурга, вивчивши ринок технологій спалювання осаду, вибрав технологію спалювання осадів у печах із «киплячим» шаром. За цією технологією процес горіння може відбуватися виключно за рахунок теплотворної здатності самого осаду і не вимагає додаткової подачі палива (природного газу). Головною перевагою таких печей є відсутність рухомих механічних деталей у зоні високих температур, що значно збільшує ресурс їх роботи. З іншого боку, висока термічна інертність шару піску згладжує постійні коливання теплотворної здатності осаду.

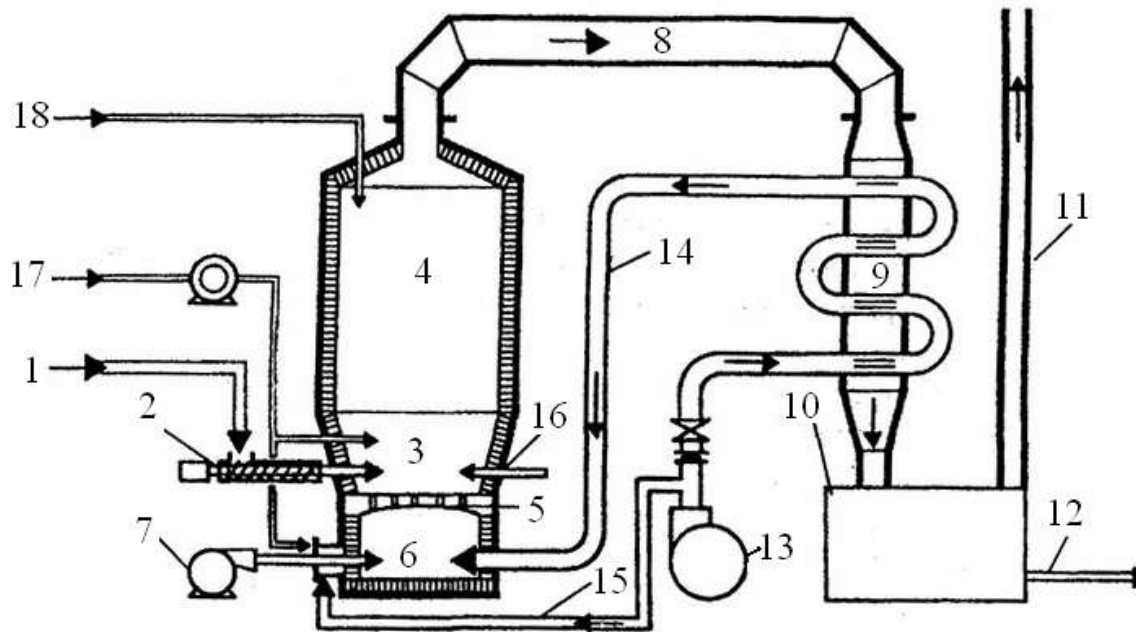


Рис. 9.5 - Схема установки для спалювання осадів стічних вод у "псевдозрідженому шарі":

- 1 – зневоднений осад; 2 – подача осаду в піч; 3 - киплячий шар піску;
4 – топка; 5 – склепіння; 6 – камера дуття; 7 – пусковий пальник;
8 – димар; 9 – теплообмінник; 10 – очищення димових газів; 11 – димар;
12 – виведення золи; 13 - вентилятор псевдозрідження; 14 – повітря;
15 – підігріте повітря; 16 – підживлююча паливна форсунка;
17 – стиснуте повітря; 18 – вода під тиском

Перераховані переваги дозволили:

- забезпечити високу стабільність технологічного процесу;
- повністю його автоматизувати;
- виключити зміну складу димових газів.

Проект заводу спалювання осаду на Центральній станції аерації (ЦСА) був достатньо передовим для 1990-х років.

Використовуючи успішний досвід експлуатації заводу зі спалювання осаду стічних вод на Центральній станції аерації (ЦСА), Водоканал прийняв рішення про будівництво ще двох таких заводів на найбільших очисних спорудах міста - Північній станції аерації (ПСА) і Південно-західних очисних спорудах (ПЗОС). Вони дозволили реалізувати найбільш ефективні та раціональні проектні рішення, як зі спалювання осаду, так і з використання побічних енергоресурсів із врахуванням особливостей технологій очисних ПСА і ПЗОС.

При спалюванні осаду утворюється теплова енергія, яку використовують для вироблення пари в котлах-утилізаторах з подальшим виробництвом електроенергії та опалюванням виробничих площ очисних споруд.

З 2008 р. в Санкт-Петербурзі експлуатують три заводи зі спалювання осаду стічних вод, що дозволило припинити його складування на полігонах. На всіх трьох установках зневоднений осад стічних вод є основним паливом для пічей спалювання. В окремих випадках як допоміжне паливо використовують газ, аби компенсувати коливання теплотворної здатності осаду. Окрім осаду в пічах піддають спалюванню інші відходи, що утворюються на спорудах, але в значно менших кількостях: плаваючі речовини, відходи з решіток. Зневоднений осад та інші відходи подають в піч, де відбуваються одночасно процеси сушки, стирання та повного згорання (рис. 9.6). Псевдозріджений шар утворений термостійким, дрібнозернистим матеріалом у вигляді роздробленої морської гальки з високим вмістом оксиду кремнію.

Природний газ використовують як допоміжне паливо, проте на різних станціях його питомий вжиток різний. Це обумовлено відмінностями в технологіях очищення стічних вод, властивостях зневоднених осадів, розрахункових параметрах печей, діапазонах процесів спалювання осаду. Для прийому осаду з інших очисних споруд на всіх заводах змонтовані спеціальні бункери для тимчасового зберігання і рівномірного дозування осаду в пічах спалювання.

На всіх трьох заводах спалювання осаду на першій стадії очищення газових викидів застосовують електростатичне пиловловлювання. Ефективність очищення електростатичним фільтром складає більше 99,9%.

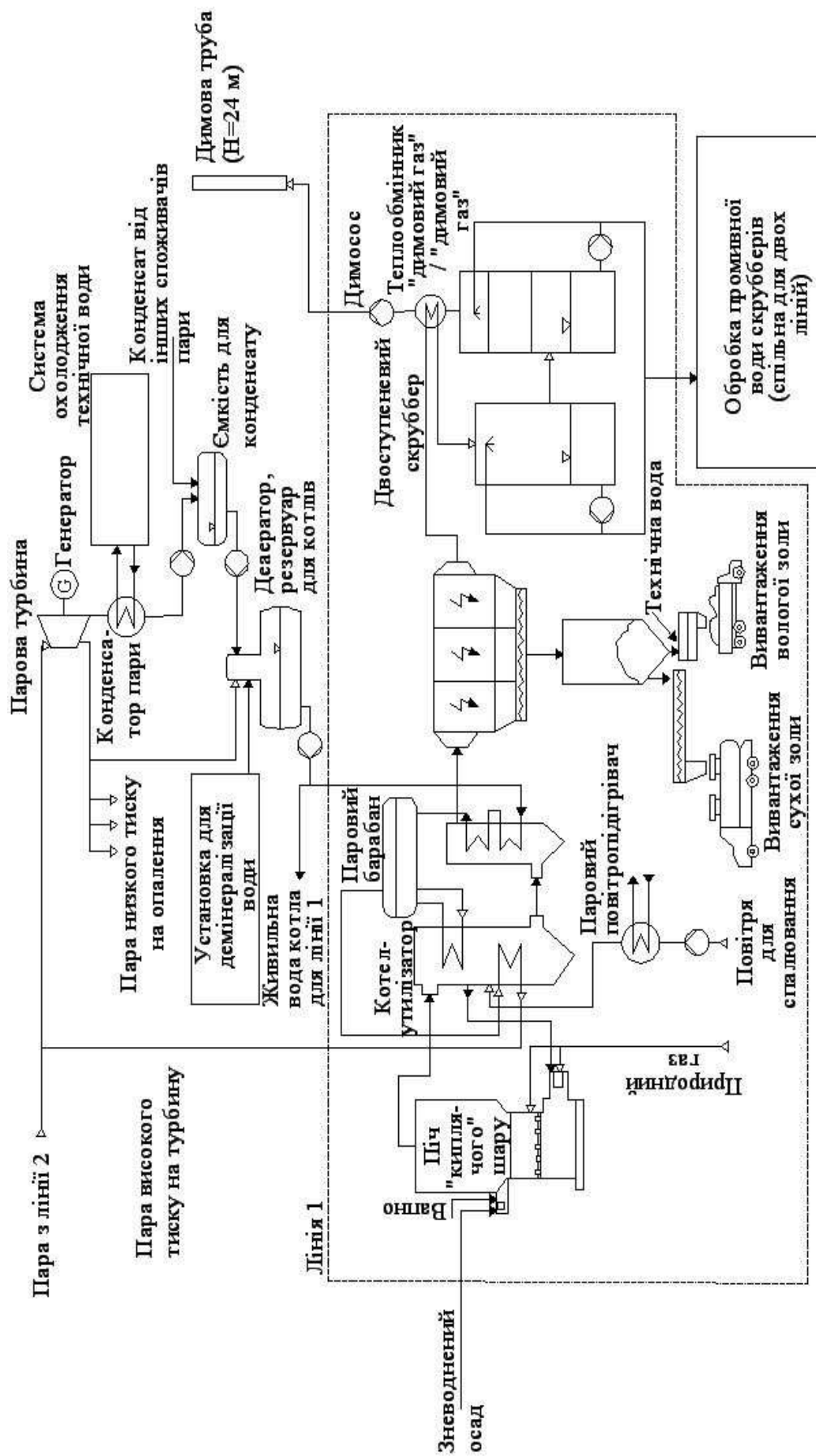


Рис. 9.6 - Технологічна схема заводу зі спалення осаду стічних вод ПЗОС

У електростатичному фільтрі одночасно разом із золю виділяють незначну кількість важких металів.

Другу стадію очищення газів можна здійснювати сухим і мокрим способами. При сухому способі використовують переважно високоактивні, нерегенеровані адсорбенти, а також речовини, які нейтралізують кислотоутворюючі гази. У таких системах від процесів газоочистки не утворюються стічні води, які зазвичай повертають в голову очисних споруд. При мокрому способі очищення топкові гази пропускають через спеціальні апарати - абсорбери, де інтенсифікують процеси видалення забруднюючих газоподібних речовин спеціальними поглинаючими розчинами. При цьому забруднюючі речовини переходять з газової фази в розчин, і таким чином відбувається утворення стічних вод газоочистки, які подають на установку локального очищення і далі в голову очисних споруд.

Завод спалювання осаду на ЦСА є яскравим прикладом успішного вирішення складних екологічних проблем глибокої утилізації осаду на базі сучасної технології, техніки, процесів автоматизації і комп'ютеризації процесів очищення вод і обробки осаду.

Продуктивність заводу зі спалювання осаду на Південно-західних очисних спорудах складає 68 т/доб по сухій речовині для двох пічок. Для зниження концентрації оксидів сірки в димових газах передбачено додавання вапна в пічі. Система очищення газів аналогічна системі на Центральній станції аерації, але досконаліша і ефективніша. Перший рівень - уловлювання золи в електрофільтрах. Удосконалення мокрого очищення газів полягає в тому, що для ефективного очищення від ртуті на другій стадії в абсорбер насадки вводиться спеціальний реагент (трінатрієва сіль трімеркапто-S-тріазіна $[C_3N_3S_3Na_3(3H_2O)]$). Цей реагент призначений для хімічного скріплення ртуті в циркулюючій рідині скрубера, чим забезпечується вища ефективність видалення ртуті, а також кадмію і деяких інших важких металів.

Продуктивність заводу спалювання осадів ПСА складає 122,4 т/доб. по сухій речовині для трьох печей, а з урахуванням резервної потужності четвертої печі складе 183,6 т/доб. Технологічна відмінність заводу зі спалювання осаду на ПСА від заводу на ЦСА полягає в тому, що на ПСА

застосована сучасніша система сухого очищення димових газів, яка замінює мокру систему газоочистки. При сухому способі використовують переважно високоактивні адсорбенти, а також речовини, які нейтралізують кислотоутворюючі гази. У таких системах від процесів газоочистки не утворюються стічні води, які зазвичай повертають в голову очисних споруд.

У системі сухої обробки газів на ПСА в потік димових газів вводять два сухі реагенти - бікарбонат натрію (NaHCO_3) і активоване вугілля. Суміш димових газів реагує з введеними реагентами і далі поступає в рукавний фільтр, де відпрацьований реагент з уловленими забруднюючими речовинами затримується та збирається в бункері відходів. Для фільтрації використовують високотехнологічні фільтруючі матеріали, виготовлені на основі фторпласта (тефлону), що обумовлює хімічну стійкість до агресивних компонентів топкових газів, високу надійність і ефективність очищення фільтруючої системи.

З метою підвищення ефективності використання реагенту частина його рециркулює з бункера відходів назад в потік топкових газів, куди також поступає свіжий реагент. Відпрацьований реагент з бункера відходів безперервно відводиться в накопичувальну ємність для тимчасового зберігання перед вивантаженням в автотранспорт. Далі цей відхід прямує на спеціальний полігон для поховання.

Зола від спалювання осадів стічних вод переважно складається з дрібнодисперсного мінерального пилю, двоокису кремнію, оксидів фосфору, алюмінію, заліза та інших металів. Золю відносять до 4 класу небезпеки, і на підставі результатів біохімічних, токсикологічних, хімічних і радіологічних досліджень золи було прийнято рішення переробки золи - її плавлення в електропічах. При високій температурі відбувається перехід золи в склообразний стан. При цьому значно зменшується об'єм зольного залишку. Більшість сполук важких металів переходять в зв'язаний стан, що значно знижує їх активність при контакті з довкіллям. Отриманий склообразний матеріал охолоджують водою і отримують скляну крихту, яку після просіювання можна використовувати у виробництві підлогової плитки, абразивів, асфальту, герметичних заповнювачів. Щільність отриманого матеріалу $2,74 \text{ м}^3$, зменшення об'єму в порівнянні з вихідною

золю більш ніж в 4 рази. Найбільш реальним і перспективним напрямком є використання золи у виробництві пінобетону, оскільки вміст золи в цьому матеріалі може складати 20-25%.

Таким чином, можна зробити висновок, що екологічна ефективність при спалюванні осаду стічних вод порівняно з іншими методами обробки осаду полягає в наступному:

- припиняється складування незнезараженого осаду і відпадає необхідність в будівництві нових полігонів;
- скорочується викид газів від автомобільного транспорту;
- відсутні викиди в атмосферу від місць тимчасового складування осаду;
- очищення димових газів від печей спалювання здійснюється відповідно до міжнародних стандартів;
- виробляється до 45 тис. Вт/доб. електроенергії;
- використання тепла, що отримують від спалювання осаду, для опалювання і гарячого водопостачання очисних споруд.

До тимчасових заходів щодо ліквідації осадів відносять ***скидання рідких осадів в накопичувачі та закачування осадів в земляні порожнечі.***

Майже у всіх процесах очищення стічних вод (механічному, фізико-хімічному, хімічному) отримують тверді мінералізовані осади – шлами. Щоб запобігти при їх депонуванні зараженню підземних вод і поверхневих водних джерел, застосовують накопичувачі. В них використовують протифільтраційні пристрої, що забезпечують надійну роботу споруд і виключають витік стічної рідини. Вид накопичувача визначає характер стічних вод або твердих відходів.

Розрізняють *накопичувачі рідинних однофазних стоків*: ставки-накопичувачі, ставки-випарники, відстійники, поля фільтрації; *накопичувачі двофазних стоків*: хвосто- і шламосховища, гідрозоловідвали і *накопичувачі твердих відходів*: золовідвали, шламонакопичувачі та ін.

У *накопичувачі рідинних однофазних стоків* направляють інтенсивно забарвлені промислові стічні води з сильним запахом, що містять велику кількість солей. При високому вмісті (більше 100 г/л) однорідної солі в стічній воді доцільно її упарювати з метою витягання солі. У ці накопичувачі направляють також промислові стічні води, що містять

велику кількість органічних речовин, невіддатливих витягання і використанню, і відпрацьованих кислот (сірної, азотної, соляної) в різних співвідношеннях. У ряді випадків в накопичувачі можна направляти стічні води, мінеральні солі, не дивлячись на високу концентрацію їх, якщо витягання їх недоцільно із-за неможливості застосування.

Щоб уникнути переповнювання не можна направляти в накопичувачі слабо забруднені стоки, що підлягають безперешкодному скиданню у водоймище або після обробки на очисних спорудах, а також дуже концентровані стічні води, наприклад, 20% сірчану кислоту.

Схема ставка-накопичувача приведена на рис. 9.7. Основу його складають гребля обвалування і протифільтраційна завіса з водонепроникного матеріалу, що заглиблюється до шару глини. Конструкція ставка у великій мірі залежить від рельєфу місцевості, геологічної будови і гідрогеологічних умов району. Залежно від рельєфу ставки можуть бути ярами, рівнинними, заплавними, косогірними і котлованами.

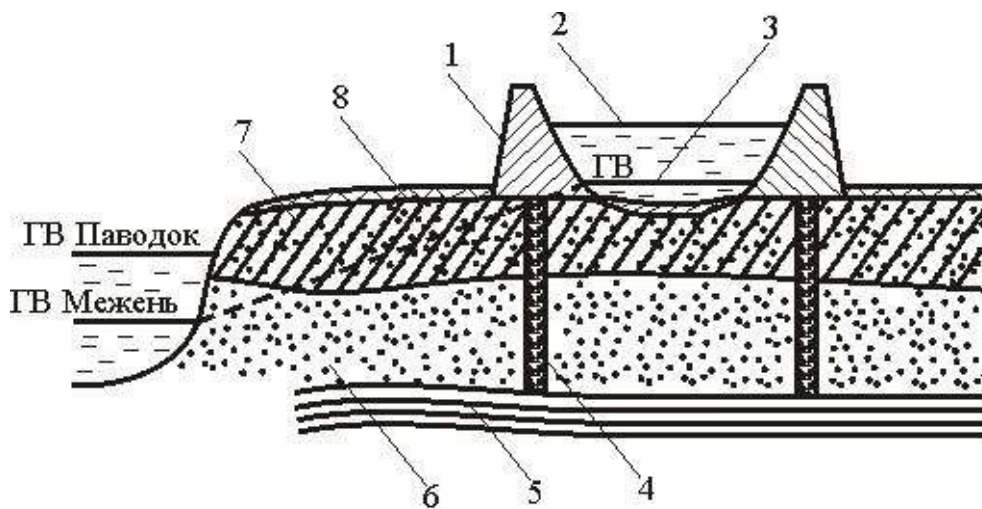


Рис. 9.7 – Ставок накопичувач-випарник:

- 1 – гребля обвалування; 2 – максимальний розрахунковий рівень стоків;
- 3 – горизонт води (ГВ) в озері-солончаку до влаштування ставка;
- 4 – протифільтраційна завіса з бентонітових глин; 5 – глини;
- 6 – піски; 7 – суглинки; 8 – ґрунт

Ставки ярів розміщують в балках і ярах з перегороджувальною дамбою, низовій їх частині та з спеціальними водоскидними спорудами, призначеними для пропуску природного стоку дощових і талих вод. Водоскидні пристрої виконують у вигляді донної труби або тунеля.

Рівнинні накопичувачі влаштовують на рівнинних ділянках, обваловувавши їх по всьому периметру греблею, або в штучно створених виїмках-ємкостях. Заплавні ставки споруджують в заплавах річок обваловуванням ділянки з трьох сторін. Таким же чином створюють накопичувачі на косогірних ділянках. Накопичувачі котлованів влаштовують у виробленнях старих кар'єрів або резерватів.

Найбільш радикальними засобами, вживаними для захисту підземних вод і водоймищ від забруднення, є перехоплення стоків дренажем і влаштування протифільтраційних завіс і екранів.

Протифільтраційні пристрої призначені для зниження фільтрації через дамбу або греблю і підвищення її стійкості, виключення небезпечних фільтраційних деформацій ґрунту і повної затримки стічних вод. Для їх спорудження використовують покриття слабопроникними ґрунтами (глина, суглинок), бітумом, бетоном, полімерними плівками та ін.

Накопичувачі двофазних стоків служать для прийому водних суспензій мінеральних і органічних речовин різного складу, концентрація твердої фази в яких коливається від 20 до 100 г/дм³, які, як вже вказувалося вище, прямують на мулові площадки або в шламонакопичувачі. В їх пристрої багато схожого, але основна відмінність між ними полягає в тому, що мулові площадки – це своєрідні очисні споруди для зневоднення осаду, а шламонакопичувачі (іноді їх називають шламосховищами, в гірничорудній промисловості – хвостосховищами) – це місця для захоронення відходів, які поки що не можна використовувати.

Шламонакопичувачі є відкритими земляними ємкостями: після накопичення в них певної кількості шламу їх консервують і шлам подають вже в інші накопичувачі. Вони можуть бути типу балочного яру, якщо розташовуються в балках або ярах (рис. 9.8), або насипного типу, коли створюються насипанням на рівному майданчику, обмеженому валами. Ті та інші зазвичай розташовують поза територією станції або підприємства, а шлами подають трубопроводами або підвозять автомашинами.

Шламосховища насипного типу влаштовують на спланованій площадці та захищають валиками трапецеїдальної форми. Земляний насипний вал насипають спочатку не до повної проектної висоти, його нарощують у міру накопичення шламу (рис. 9.9). Проектна висота валика

залежить від виду, властивостей і кількості осаду. Найчастіше насипні валики роблять з ґрунту, взятого з чаші шламосховища, що дозволяє збільшити його об'єм. Водонепроникність збільшують горизонтальним і похилими екранами, зробленими з глини, іноді з неї роблять протифільтраційне ядро. Останнім часом застосовують плівкові екрани з полімерних матеріалів.

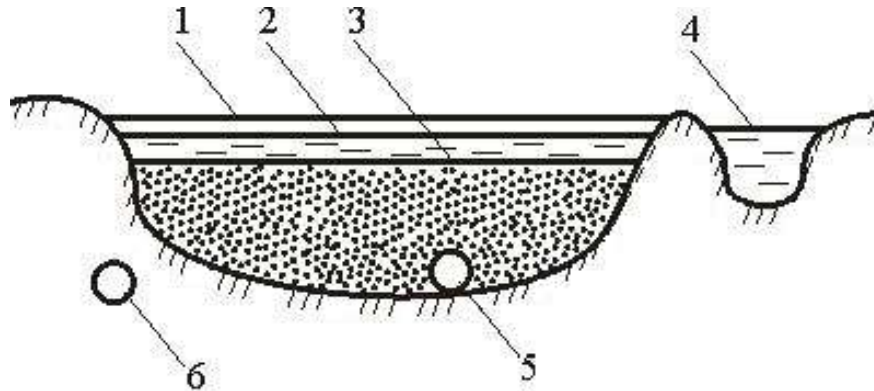


Рис. 9.8 – Шламосховище типу балочного яру:

- 1 – проектна поверхня шламосховища; 2 – рівень води;
3 – рівень шламу; 4 – водоскид у вигляді канави; 5 – водоскид у вигляді донної труби; 6 – водоскид у вигляді тунелю

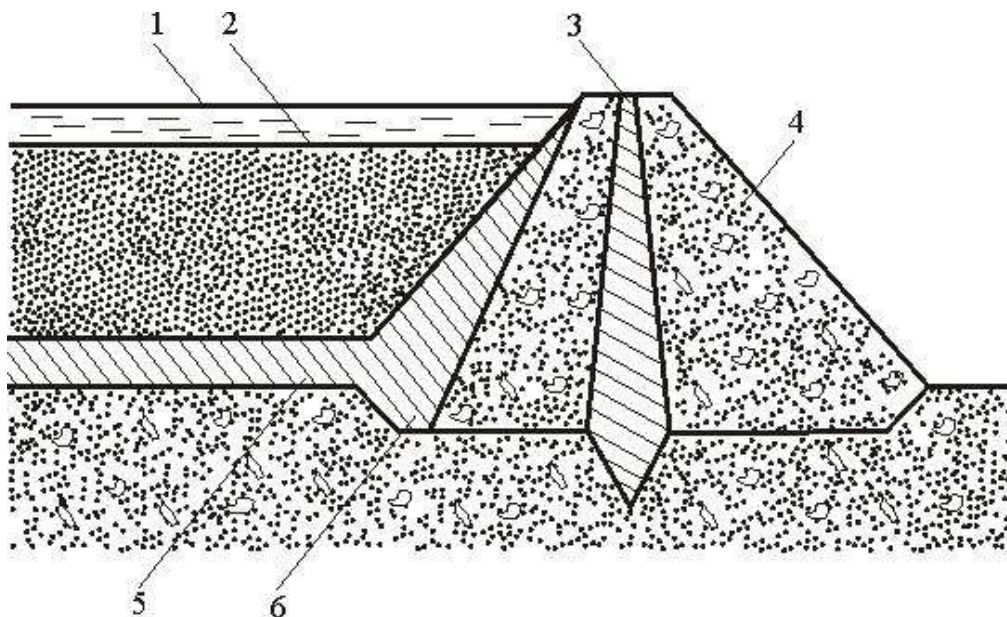


Рис. 9.9 – Насипний вал (дамба) шламосховища:

- 1 – рівень води; 2 – рівень шламу; 3 – ядро; 4 – тіло валика;
5 – похилий екран; 6 – горизонтальний екран

Шламосховища повинні мати дренажні пристрої, які сприяють збільшенню міцності тіла земляного насипного вали (дамби), укосів і основи до дії небезпечних фільтруючих деформацій, перехопленню забруднених вод, що фільтруються з шламосховища, поліпшенню процесу

зневодння шламів. Існує багато конструкцій дренажу, вибір яких залежить від рельєфу і інших умов місцевості, розміру шламосховища, виду шламу, що зберігається. Сумісна дія екрануючих пристроїв і дренажу повинна забезпечити захист ґрунту і водоймищ від забруднень водами, що виділяються з шламу.

Після заповнення до проектної відмітки шламосховище підлягає консервації. Основним завданням консервації є забезпечення довготривалого зберігання накопичених шламів без забруднення навколишнього середовища. Перш за все необхідно попередити пилювання укосів і гребенів валів, а також поверхні відвалів. Укоси і гребені просочують терпкими речовинами (шпан, латекс, полімерні відходи хімічних виробництв) або засинають щебенем і гравієм шаром завтовшки 15-20 см. Поверхню шламів також покривають шаром відсіпання і рослинного ґрунту та засівають багатолітніми травами, що ушляхетнює ландшафт. Законсервоване шламосховище необхідно захищати від поверхневих стоків і атмосферних осадів так само, як діюче. Відведення води, що залишилася в шламі, продовжується через дренажні пристрої, які необхідно підтримувати в працездатному стані.

Не можна забувати, що законсервовані шламосховища є небезпечним потенційним джерелом забруднення навколишнього середовища і, якщо їх залишити без нагляду і не приймати заходів до підтримки їх цілісності, вони перетворюються на постійно діюче джерело брудної води, усунути яке дуже важко.

Хвостосховище є відгородженою дамбою або греблею (рис. 9.10) ділянкою місцевості. Дамбу або греблю будують насипним або наливним способом. У міру заповнення відгородженої ділянки будують вторинні греблі. Їх зводять насипним способом з привезених матеріалів. При високих тисках на дамби і наявності в основі дамб ґрунтів, що сильно фільтрують, влаштовують розвантажувальні дренажі. У міру подачі до хвостосховищ пульпи рівень води в їх ставках освітлення весь час підвищується, змінюються в межах сховищ місцеположення ставка і його розміри.

Хвостосховища займають обширні площі, вимірювані сотнями гектарів; глибина їх досягає сотень метрів, а глибина шару води, залежно від умов подачі пульпи і відведення освітленої води, складає 0,5-1,5 м.

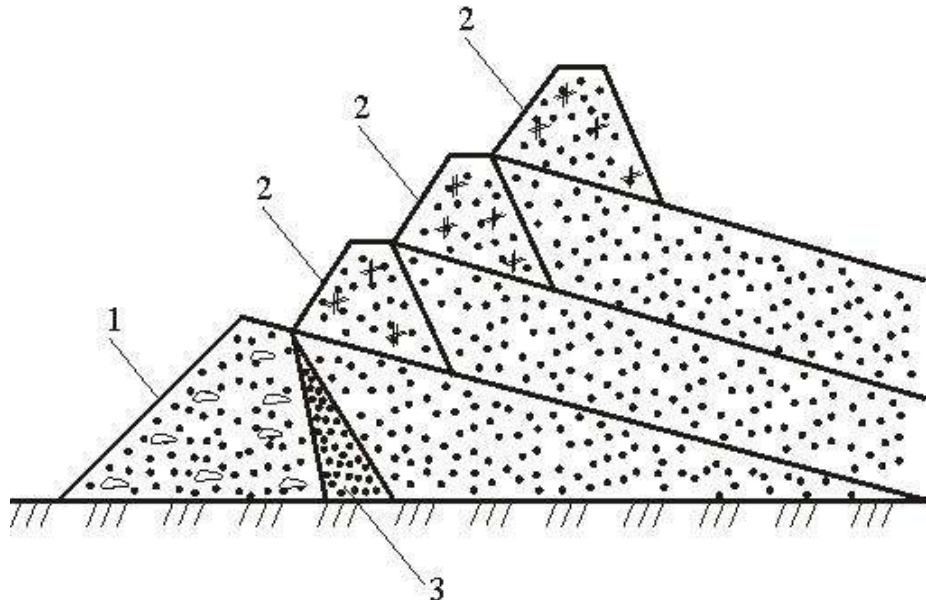


Рис. 9.10 – Дамба хвостосховища:

1 – дамба першої черги; 2 – вторинні греблі; 3 - дамба другої черги

Контрольні запитання:

1. Коли застосовують ліквідацію осадів стічних вод?
2. Охарактеризуйте метод ліквідації осадів спалюванням?
3. Назвіть можливості термічної переробки (спалювання) осаду.
4. Опишіть технологічну схему сушки осаду на Південно-західній станції аерації Чікаго.
5. Опишіть схему сушки осаду в розпилюючих сушарках з киплячим шаром.
6. Опишіть схему сушки осаду в багаточеревих печах.
7. Опишіть схему установки для спалювання осадів стічних вод і твердих відходів.
8. Опишіть технологічну схему заводу зі спалення осаду стічних вод ПЗОС.
9. Яка може бути екологічна ефективність при спалюванні осаду стічних вод порівняно з іншими методами обробки осаду?
10. Охарактеризуйте метод ліквідації осадів скиданням рідких осадів в накопичувачі та закачуванням осадів в земляні порожнечі.
11. Які застосовують накопичувачі для осадів стічних вод?

Тема 10. ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ОБРОБКИ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД

Будь-яка технологічна схема обробки осадів повинна відповідати наступним вимогам:

- можливість використання або ліквідації осаду;
- доцільність використання побічних продуктів (газу, тепла);
- економія площ, займаних очисними спорудами.

На приведених нижче рисунках приведені деякі найбільш поширені принципові комплексні технологічні схеми обробки осадів стічних вод. Ту або іншу схему застосовують в певному обмеженому діапазоні продуктивності споруд для обробки осаду.

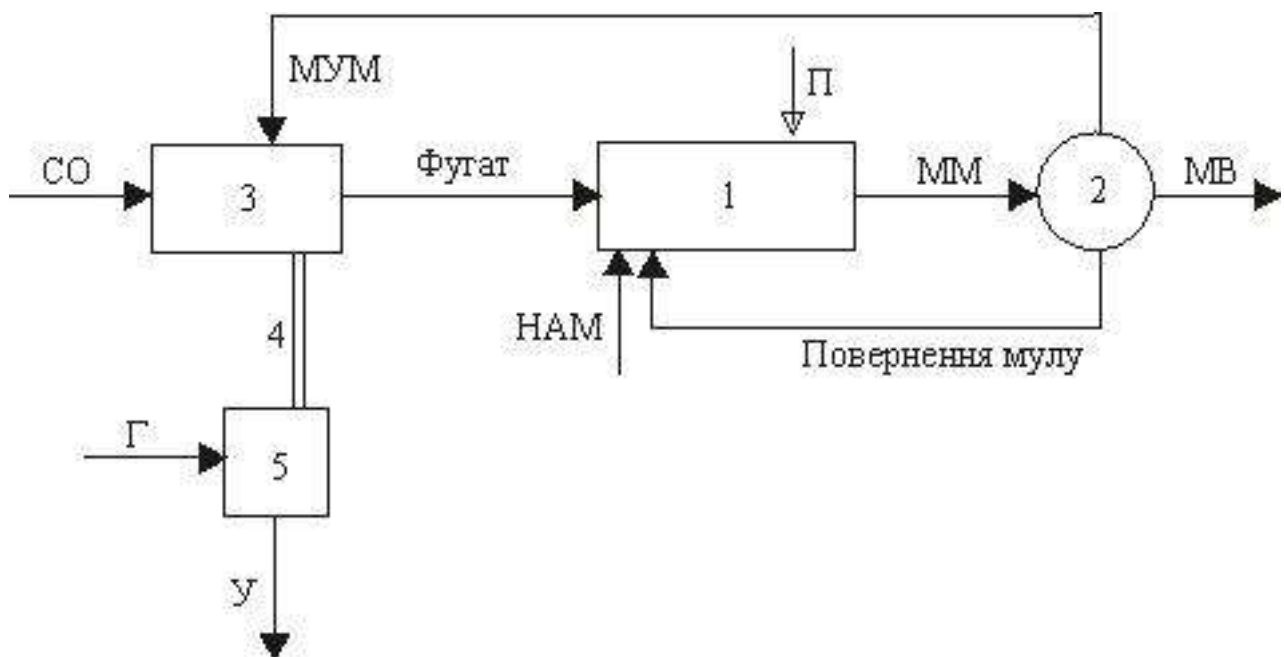


Рис. 10.1 – Комплексна схема центрифугування і аеробної мінералізації активного мула і суміші фугатів:

СО – сирий осад; НАМ – надлишковий активний мул;
ММ – мінералізований мул; МУМ – мінералізований ущільнений мул;
МВ – мулова вода; У – сухий осад, підготовлений до утилізації;
П – повітря; Г – газ;
1 – мінералізатор; 2 – уцілювач; 3 – цех центрифугування;
4 – конвеєри; 5 – установка для термічної обробки

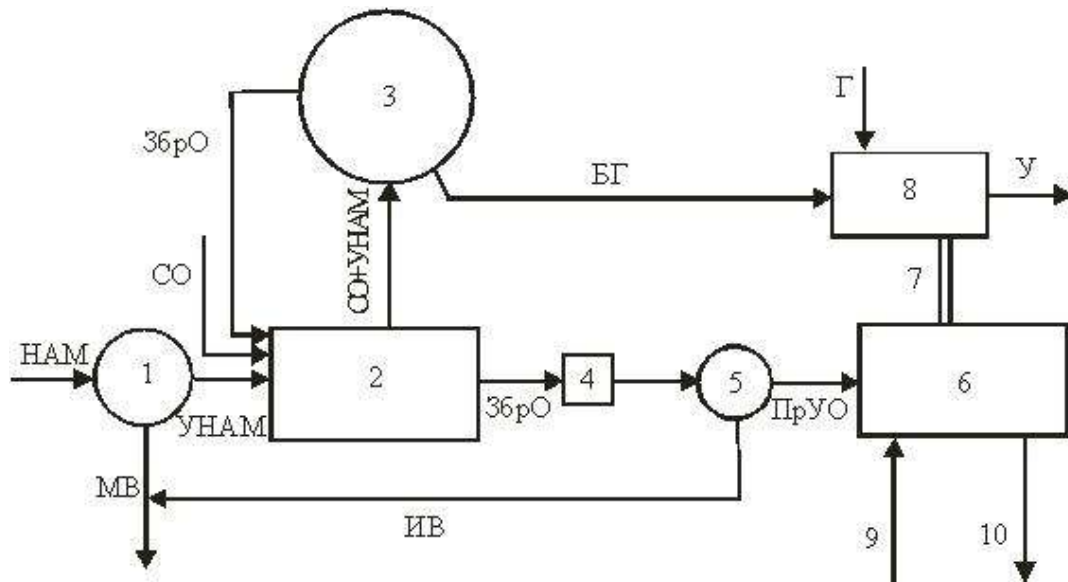


Рис. 10.2 – Комплексна схема анаеробного збродження, вакуум-фільтрації і термічної сушки осадів:

СО – сирий осад; НАМ – надлишковий активний мул; УНАМ – ущільнений надлишковий активний мул; СО+УНАМ – суміш осаду і активного мула; ЗбрО – анаеробний зброджений осад; БГ – біогаз з метантенка; Г – газ; ПрУО – протийований і ущільнений осад; МВ – мулова вода; у – сухий осад, підготовлений до утилізації;

1 – мулозгущувач; 2 – насосна станція; 3 – метантєнк; 4 – промивна камера; 5 – ущільнювач; 6 – цех вакуум-фільтрації; 7 – конвеєри; 8 – установка для термічної обробки; 9 – реагенти; 10 – фільтрат в голову споруд

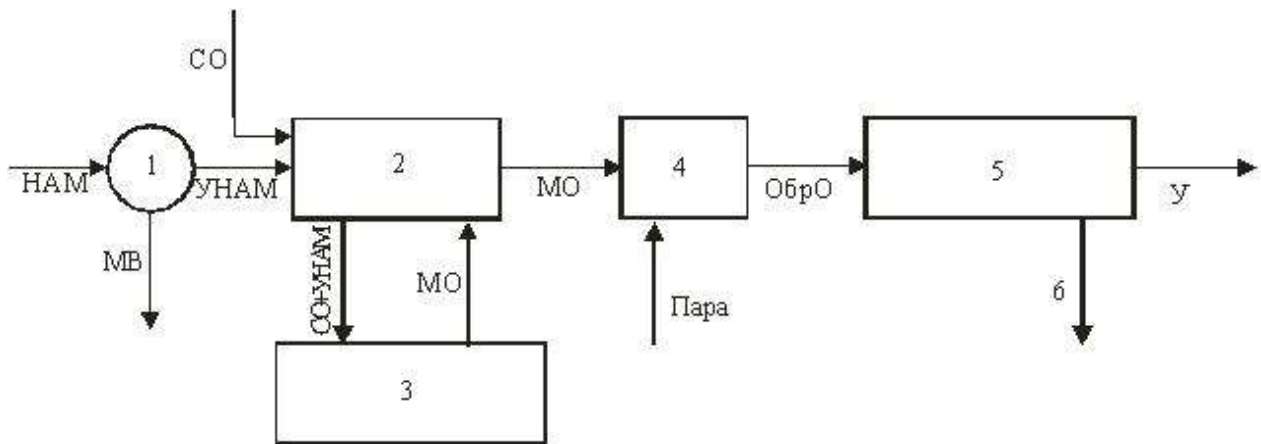


Рис. 10.3 – Комплексна схема аеробної мінералізації, теплової обробки і фільтр-пресування осадів:

СО – сирий осад; НАМ – надлишковий активний мул; УНАМ – ущільнений надлишковий активний мул; СО+УНАМ – суміш осаду і активного мула; МО – мінералізований осад; ОбрО – оброблений осад; МВ – вода мула; у – сухий осад, підготовлений до утилізації;

1 – ущільнювач; 2 – насосна станція; 3 – мінералізатор; 4 – установка для теплової обробки осаду; 5 – цех фільтр-пресування; 6 – фільтрат в голову споруд

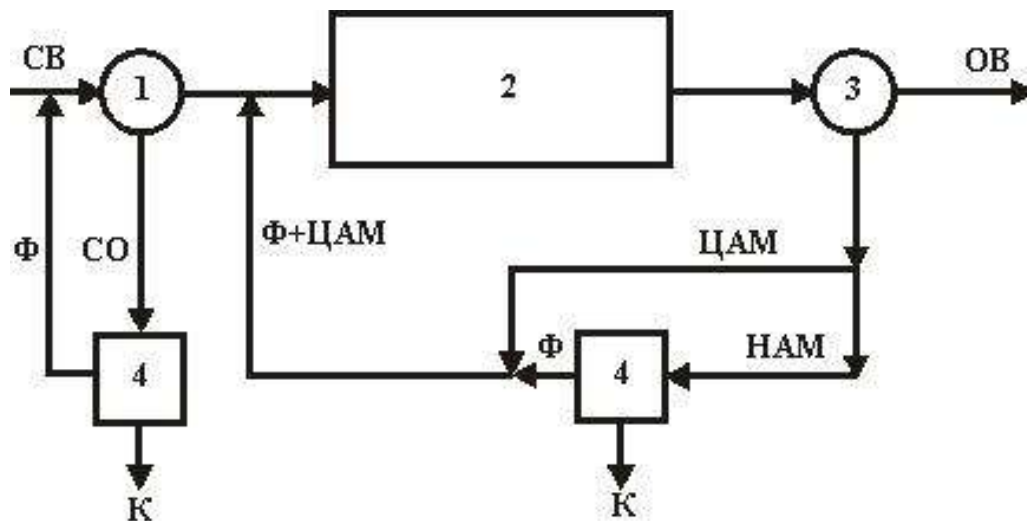


Рис. 10.4 – Схема роздільного центрифугування сирого осаду і активного мула:

СВ – стічні води; ОВ – очищені стічні води; СО – сирий осад з первинних відстійників; ЦАМ – циркулюючий активний мул; НАМ – надлишковий активний мул; К – кек; Ф – фугат; Ф+ЦАМ – суміш фугата і циркулюючого активного мула;
1 – первинний відстійник; 2 – аеротенк; 3 – вторинний відстійник;
4 – центрифуги

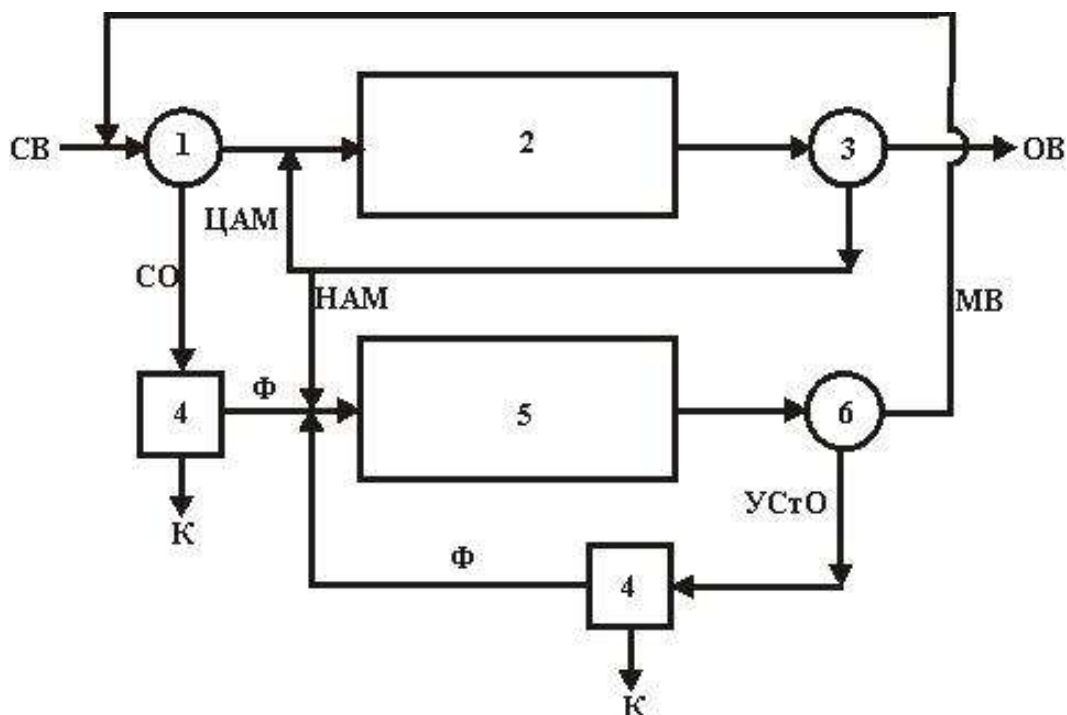


Рис. 10.5 – Комбінована схема центрифугування осадів стічних вод:

СВ – стічні води; ОВ – очищені стічні води; СО – сирий осад з первинних відстійників; ЦАМ – циркулюючий активний мул; НАМ – надлишковий активний мул; К – кек; Ф – фугат; МВ – мулова вода; УСтО – ущільнений стабілізований осад;
1 – первинний відстійник; 2 – аеротенк; 3 – вторинний відстійник;
4 – центрифуги; 5 – аеробний стабілізатор; 6 – мулозгущувач

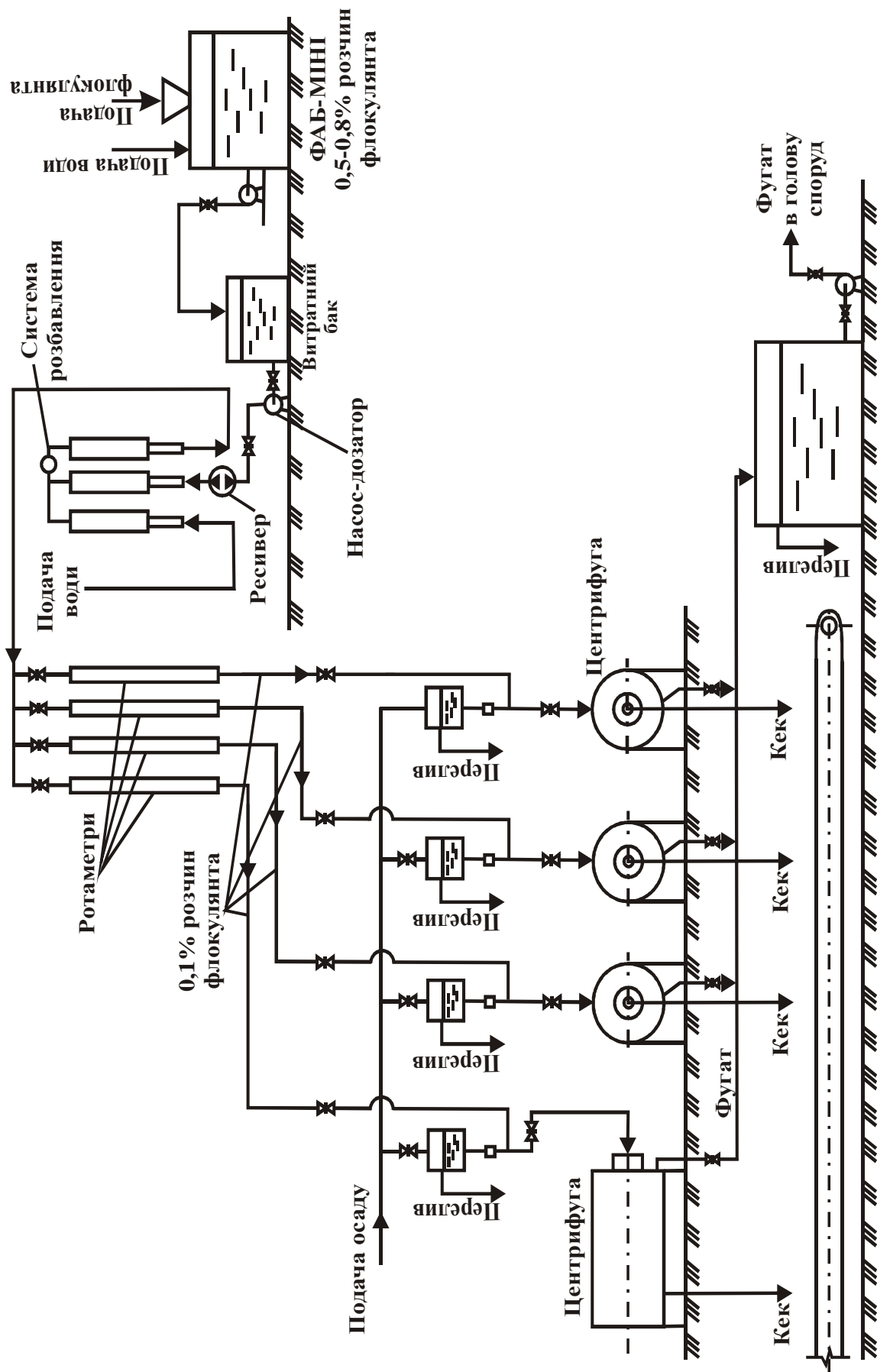
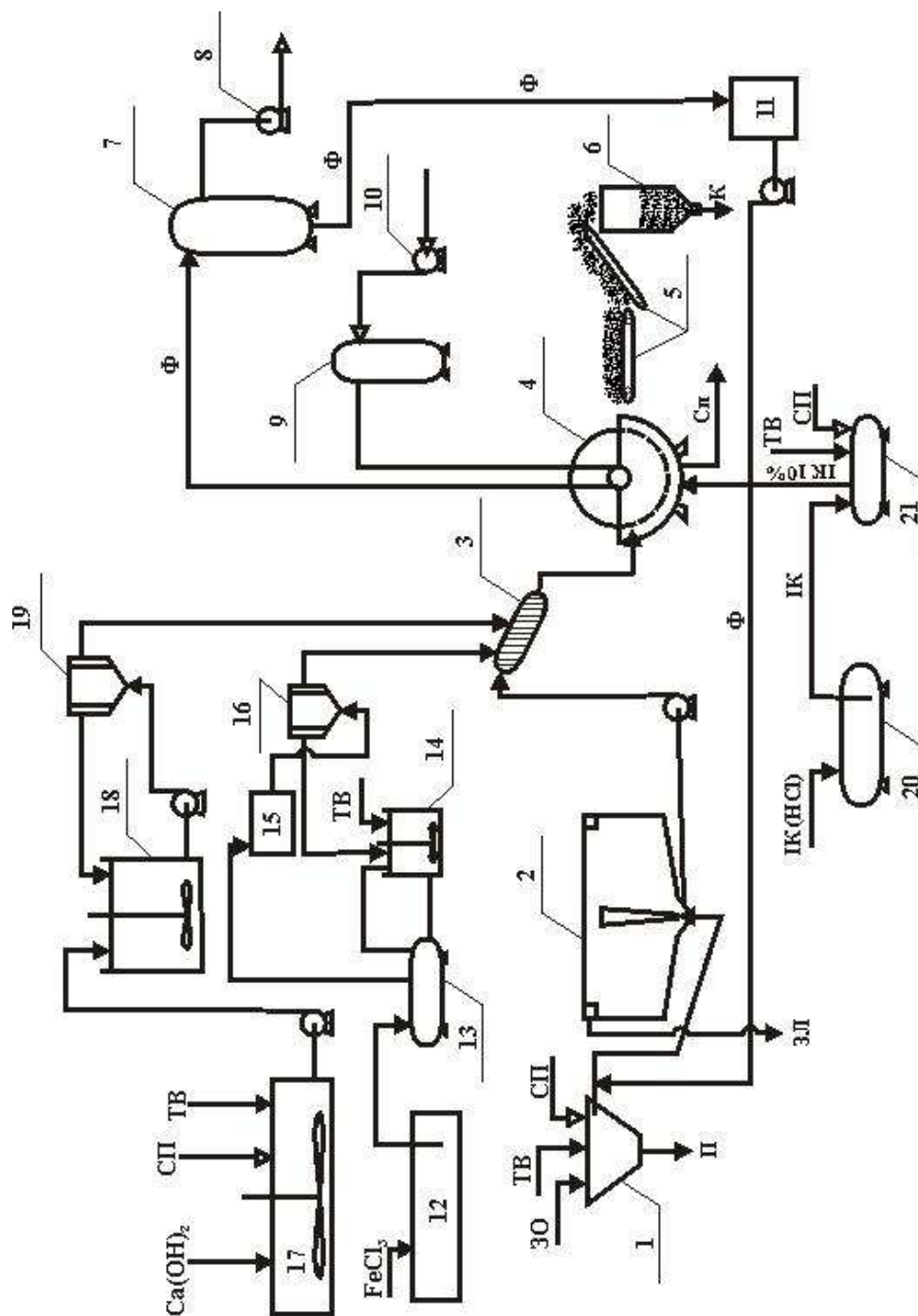


Рис. 10.6 – Технологічна схема приготування та дозування розчину флокулянта

Рис. 10.7 – Схема вузла вакуум-фільтрування осаду з реагентної підготовки:

1 – промивна камера; 2 – ущільнювач; 3 – змішувач; 4 – вакуум-фільтр; 5 – транспортери; 6 – бункер для осаду; 7 – уловлювач фільтрату; 8 – вакуум; 9 – ресівер; 10 – повітродувка; 11 – бак для фільтрату; 12 – ємкість для зберігання хлорного заліза; 13 – мірник; 14 – бак розчину; 15 – витратний бак; 16 – дозатор; 17 – бак розчину вапна; 18 – витратний бак; 19 – дозатор; 20 – цистерна для зберігання інгібіруваної соляної кислоти; 21 – бак-мірник розчину;

СП – стиснуте повітря; ІК – інгібірувана кислота; К – кек з вакуум-фільтра; П – пісок; ЗЛ – зливна вода з мулозгущувача; ЗО – зброджений осад; ТВ – технічна вода; Ф – фільтрат; Сп – спороження вакуум-фільтру



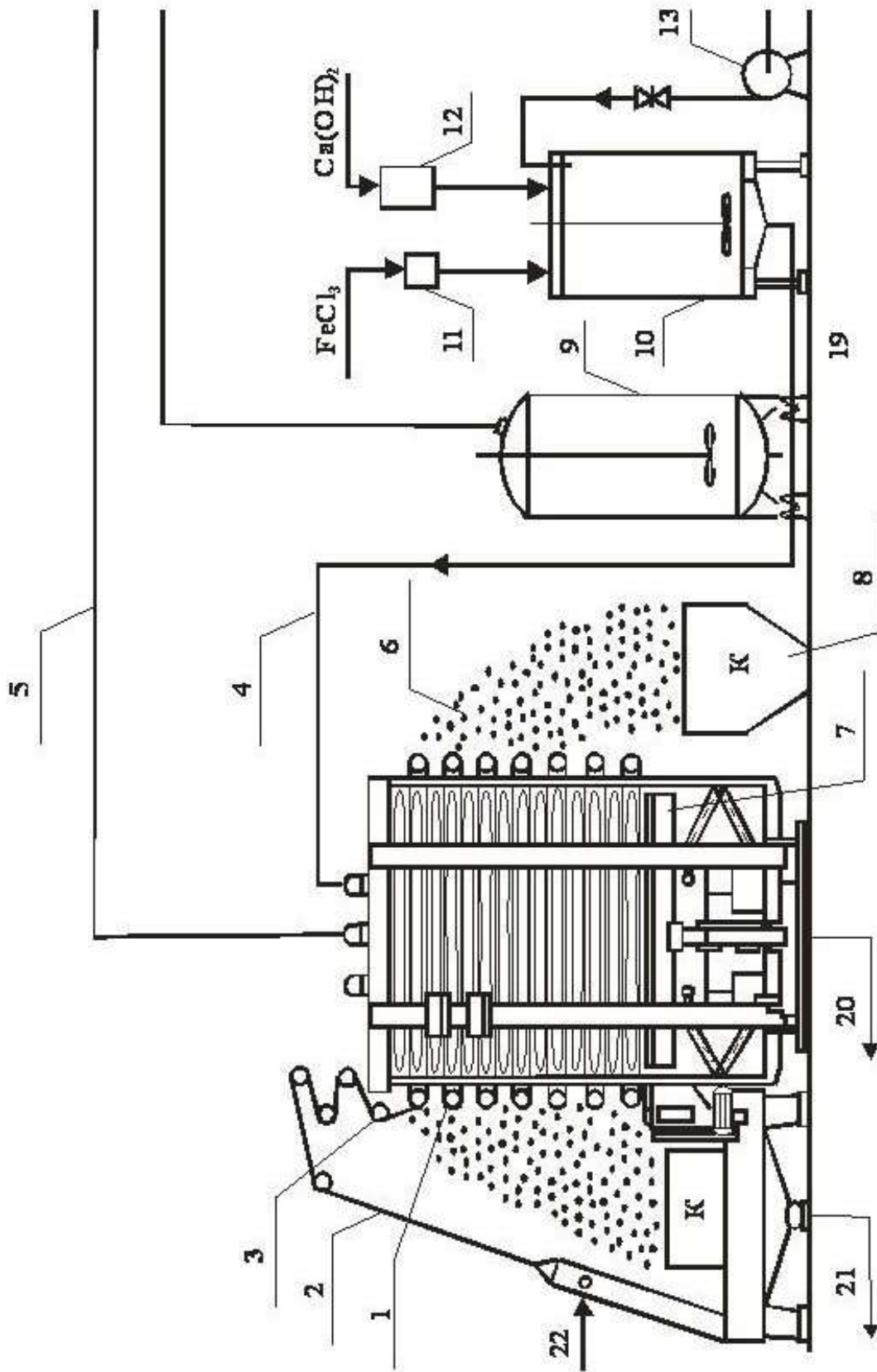


Рис. 10.8 – Технологічна схема фільтр-пресування осадів:

1 – фільтр-прес; 2 і 3 – фільтрувальні тканина і плити; 4 – мулопровід; 5 – стиснуте повітря на продування; 6 – кек, вивантажуваний з преса; 7 – нажимна плита; 8 – бункер для кека; 9 – монжус; 10 – резервуар; 11 – дозатор хлорного заліза; 12 – дозатор вапна; 13 – насос для осаду; 14 – вакуум; 15 – вакуумна лінія; 16 – стиснуте повітря на передавлювання осаду; 17 – компресор; 18 і 19 – подача сирого і скоагульованого осаду; 20 – відведення фільтрату; 21 – відведення промивної води; 22 – подача води на промивку тканини; В – вакуум; ОС – осад

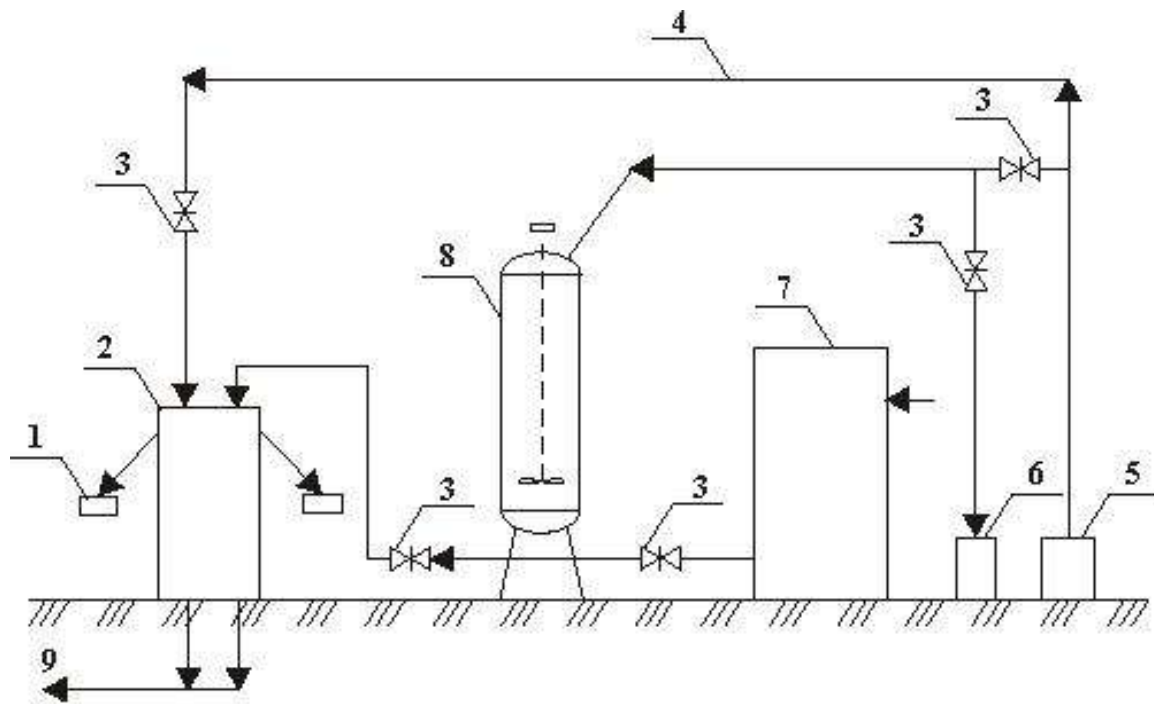


Рис. 10.9 – Обладнання установки для зневоднення осаду фільтр-пресуванням:

1 – конвеєри; 2 – фільтр-прес камерного типу; 3 – засувка; 4 – трубопровід стиснутого повітря; 5 – компресор; 6 – вакуум; 7 – резервуар зневоднюваного осаду; 8 – монжус; 9 – відведення фільтрату і промивної води

Відомий спосіб переробки осадів побутових стічних вод або осадів стічних вод промислових підприємств, забруднених сумішшю органічних і неорганічних сполук (рис. 10.10).

Спосіб полягає в тому, що суспензію осадів, утворюваних після біологічного очищення стічних вод, обробляють в дві стадії. На першій стадії проводять теплову обробку суспензії до температури 150-220°C протягом 10-120 хв. при тиску 0,5-3,0 мПа, а на другій стадії, підтримуючи температуру 150-220°C, до суспензії додають луг до значення рН більше 10, а потім газ, який містить кисень, протягом 20-180 хв., підтримуючи тиск 1,5-5,0 мПа, після чого знижують тиск до атмосферного, а суспензію охолоджують до температури нижче 100°C і проводять розділення твердої і рідкої фаз.

Пропонований спосіб дозволяє перевести органічну складову осадів в нетоксичні сполуки, розчинні у воді, а важкі метали неорганічної складової осадів - в нерозчинні у воді сполуки.

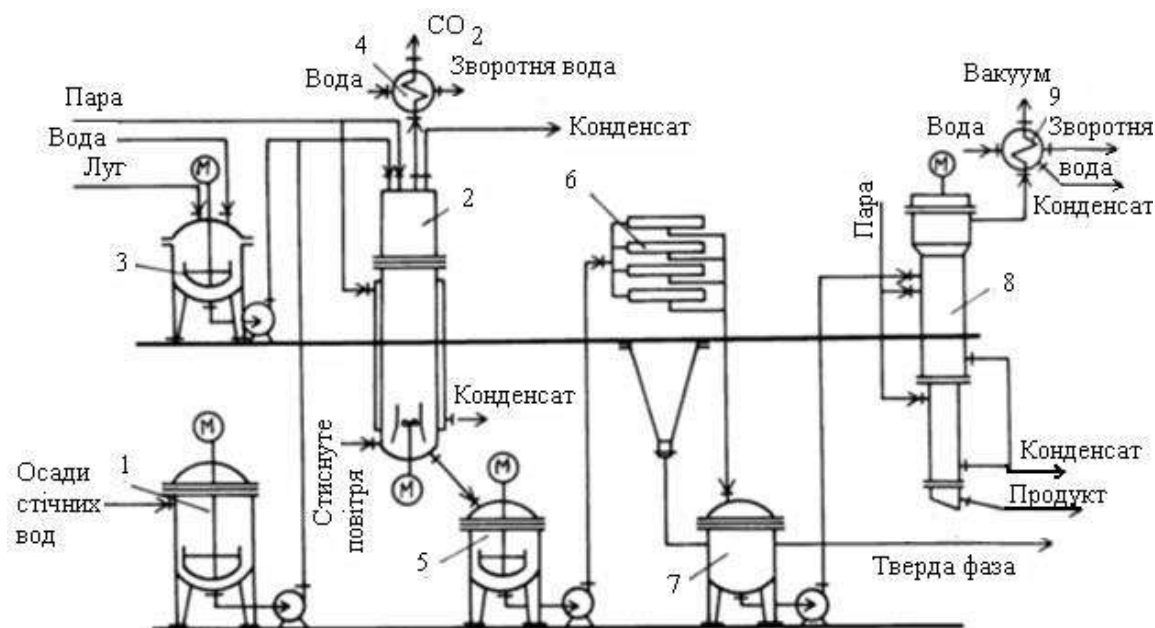


Рис. 10.10 – Принципова технологічна схема переробки осадів стічних вод:

- 1 – збірник мулового осаду; 2 – реактор; 3 – збірник приготування луку; 4 – конденсатор; 5 – збірник окисленої суспензії; 6 – фільтр;
7 – збірник розчину окислених речовин; 8 – роторний випарник;
9 – конденсатор

Схема функціонує таким чином. Суспензія осадів вологістю до 85-90%, утворювана після біологічного очищення стічних вод, поступає з первинних або вторинних відстійників в збірник мулового осаду, з якого насосом її подають в реактор, де нагрівають до температури 150-220°C протягом 10-120 хв. парою через рубашку і змійовик, розташований усередині реактора.

На цьому завершується перша стадія процесу, і далі із збірника приготування луку подають луг. Потім протягом 20-180 хв. в реактор подають стисле повітря при інтенсивному перемішуванні суспензії. За вказаний час здійснюється друга стадія процесу - окислення органічної частини осаду, утворення нерозчинних у воді сполук важких металів, утворення вуглекислого газу, який видаляється через конденсатор в атмосферу.

Після завершення другої стадії в реакторі знижують тиск до атмосферного і охолоджують окислену суспензію до температури нижче 100°C. Охолоджену суспензію самотплив подають в збірник окисленої суспензії. Із нього суспензію подають на фільтр, де відбувається відділення рідкої фази від твердої. Тверда фаза видаляється з фільтру автоматично і

передається на подальшу переробку, наприклад на виробництво будівельних матеріалів, а розчин органічних речовин із збірника розчину окислених речовин подають на концентрацію в роторний випарник. При цьому випаровувана рідина, головним чином вода, конденсується в теплообміннику-конденсаторі, а конденсат, що містить воду, прямує на очисні споруди.

Технологічна схема обробки осаду стічних вод, утворюваних на очисних спорудах м. Уфі (Російська Федерація), включає згущення, механічне зневоднення і низькотемпературну сушку (рис. 10.11).

Статично згущений осад обробляють флокулянтном для поліпшення водовіддаючих властивостей і механічно зневоднюють трьома центрифугами (дві робочі, одна резервна). Об'єм зневодненого осаду складає 25% згущеного і менше ніж 5% утворюваного на очисних спорудах. Для кожного конкретного осаду рекомендують проводити порівняльний аналіз устаткування, на якому відбувається найкраще зневоднення, оскільки кожен додатковий відсоток сухої речовини в зневодненому осаді знижує витрату теплової енергії при сушці.

Перед сушкою зневоднений осад прямує в накопичувач об'ємом 30 м³. Цех сушки складається з двох низькотемпературних сушильних установок, що забезпечують безпечну сушку в автоматичному режимі. Подача осаду в ексцентрикові насоси з накопичувача осаду виробляється скребками донної системи завантаження з гідроприводом. Процес сушки здійснюють з використанням сушильного агента - теплого повітря з температурою до 120°C. Температура сушки не перевищує 150°C в цілях безпеки. Для виключення неприємних запахів біля цеху обробки осаду вологе повітря, що виводять з процесу, піддають очищенню спочатку в скрубєрі, а потім в біофільтрах.

Для нагріву сушильного повітря передбачені пальники, які працюють на природному газі, вони також пристосовані для спалювання біогазу. Із введенням в експлуатацію метантенків вироблений біогаз дозволить істотно знизити витрату природного газу.

Особливістю даної технології є те, що завдяки низькій температурі сушки в процесі можна ввести й інші джерела тепла - первинні (мазут, вугілля, тирса, сонячна енергія) і вторинні (біогаз, пара, відпрацьоване масло, вода, що охолоджує, повітря з приміщення).

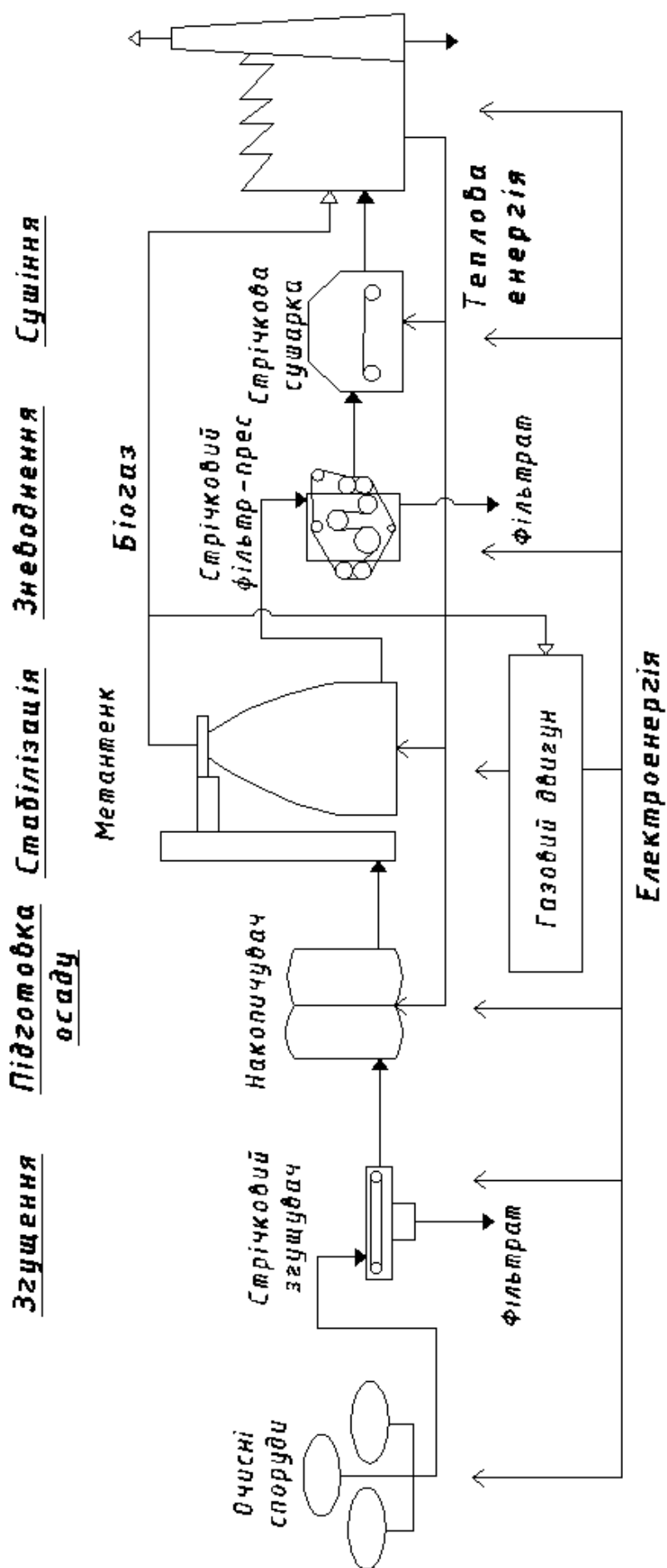


Рис. 10.11 - Технологічна схема обробки осаду стічних вод, що утворюється на очисних спорудах м. Уфи

Інвестиційні витрати на стрічкову сушильну установку значно нижчі, ніж на інші сушильні установки, наприклад з псевдоожиженим шаром. Тому витрати на будівництво швидко окупаються завдяки економії на транспортуванні, зберіганні, депонуванні осаду. Також до переваг даної технології можна віднести безпечну і просту концепцію, реалізовану апаратами за допомогою надійної техніки. Установка розрахована на цілодобову експлуатацію в автоматичному режимі, що також дозволяє скоротити експлуатаційні і організаційні витрати.

Реалізація даного проекту дозволяє вирішити такі завдання:

- зниження об'ємів осаду стічних вод, що направляється на депонування, і скорочення витрат на транспортування;
- збільшення насипної стійкості осаду для безпечного і надійного складування;
- можливість здобуття горючого матеріалу, порівнянного за теплотворною здатністю з бурим вугіллям.

Розроблена схема комплексної термічної переробки мулових осадів і господарствених стоків з отриманням енергетичних продуктів, органомінеральних добрив і ґрунту (рис. 10.12).

За даною схемою пульпу з мулових карт або господарствених стоки високопродуктивним шламовим насосом подають на ділянку первинної переробки. На цій ділянці у відцентровому флотаційному сідераторі здійснюють безперервне розділення вихідної сировини на органічну і неорганічну фракції, які далі згущують на наступних ступенях сідерації, після чого транспортують на піроретортну лінію сушки. Рідку фракцію, що виділяється, повертають на мулові карти, де переробляють гідравлічними гарматами в пульпу.

Неорганічну сировину після осушення накопичують і використовують надалі як ґрунт (технічна земля). Органічну сировину після осушення транспортують на когенераційну лінію переробки органічних відходів. Отриману рідку нафто-маслянисту суспензію (дистилят) перекачують на лінію крекінгу і переробки дистиляту органіки.

Результатом багатоступінчатої переробки мулових осадів є отримання таких продуктів:

- органомінеральні добрива;

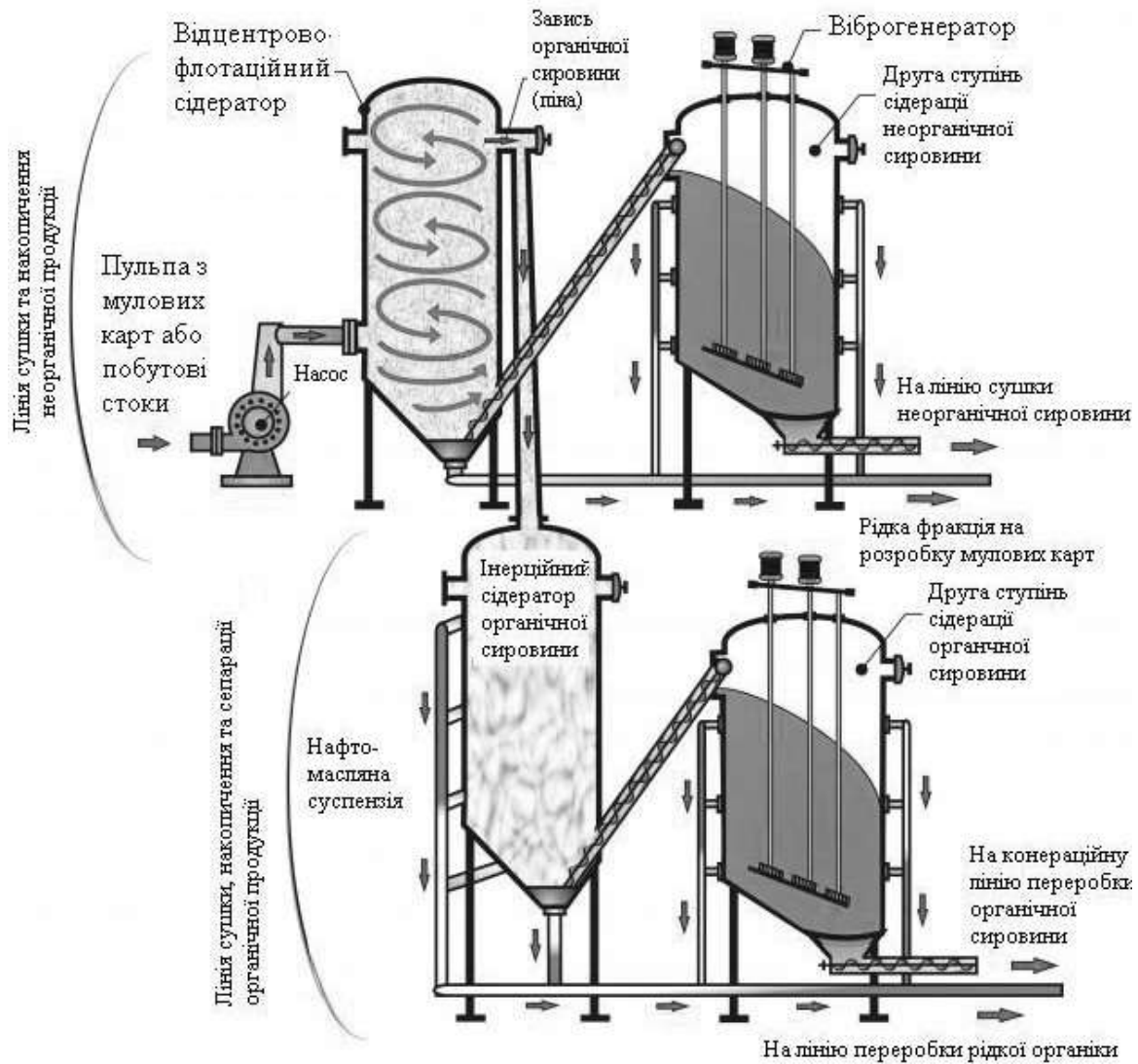


Рис. 10.12 – Участок первинної переробки побутових стоків та пульпи з мулових карт

- техногенний ґрунт без органічної складової для рекультивації земель як ґрунту;
- кормова біомаса для годування тваринних птахів, риби, морських і прісноводних молюсків (при потребі), отримана шляхом багатократної флотосідерації мулових осадів;
- гарячі повітряні потоки сухого повітря (вологість 8%) для сушки мулових осадів і термічної обробки отриманої кормової біомаси;
- можливе отримання перегрітої пари тиском 1,5-21 атм. і температурою до 250°C (при потребі);
- заміник природного газу (ЗПГ) з калорійністю 8500 ккал/м³;
- вуглеводневий дистилат піролізної переробки органічної складової мулових осадів;

- напівкокс (при потребі);
- електрична і теплова енергії.

На рис. 10.13 приведена укрупнена блок-схема переробки осадів мулових карт очисних споруд або госппобутових стічних вод без очищення.

Отримання наведених вище продуктів здійснюють при низькотемпературному піролізі. Мулові осади, висушені до 8-10% вологості, піддають нагріванню до температури 450-500°C без доступу кисню, в результаті утворюються три продукти – горючий газ, дистилят і твердий залишок – напівкокс. Причому на початку - в газовій фазі, а після її охолодження частина органіки, що конденсується, переходить в рідку фазу. Газова частина, що не конденсується, прямує для підтримки процесу піролізу в піроретортах безперервної дії. Важливо, що при невисокій температурі піролізу виключається небезпека випаровування токсичних солей важких металів.

Піроліз твердого пального (в тому числі стосовно до осадів стічних вод) - це процес деструкції (розпаду) молекул органічної речовини твердого палива при нагріванні його без доступу кисню. Залежно від температури процесу піроліз палива підрозділяють: на *бертинировання* (до 300°C), *напівкоксування* (400-600°C) і *коксування* (900°C і вище).

В процесі бертинировання з твердого пального (вугілля, торфу, осаду) виділяються пари води і сорбовані поверхнею палива гази (CO₂, CH₄, іноді повітря); тверда речовина (органічна маса) пального розкладається трохи, але його поверхня стає активніша до процесів окислення. Теплота згорання пального підвищується пропорційно зниженню в ньому вмісту вологи і сорбованих газів.

При температурах вище 300°C починається деструкція твердої маси пального; в результаті розпаду його молекул виділяються летючі речовини - рідкі вуглеводневі сполуки і горючі гази.

Отриманий вуглеводневий дистилят далі переробляють шляхом його розділення на фракційні складові: легку, важку і низькокалорійну вуглекислотну.

Всі три ці складові дистиляту поступають на подальшу переробку:

- легка фракція – на бензин;
- важка фракція - на отримання дизельного пального;

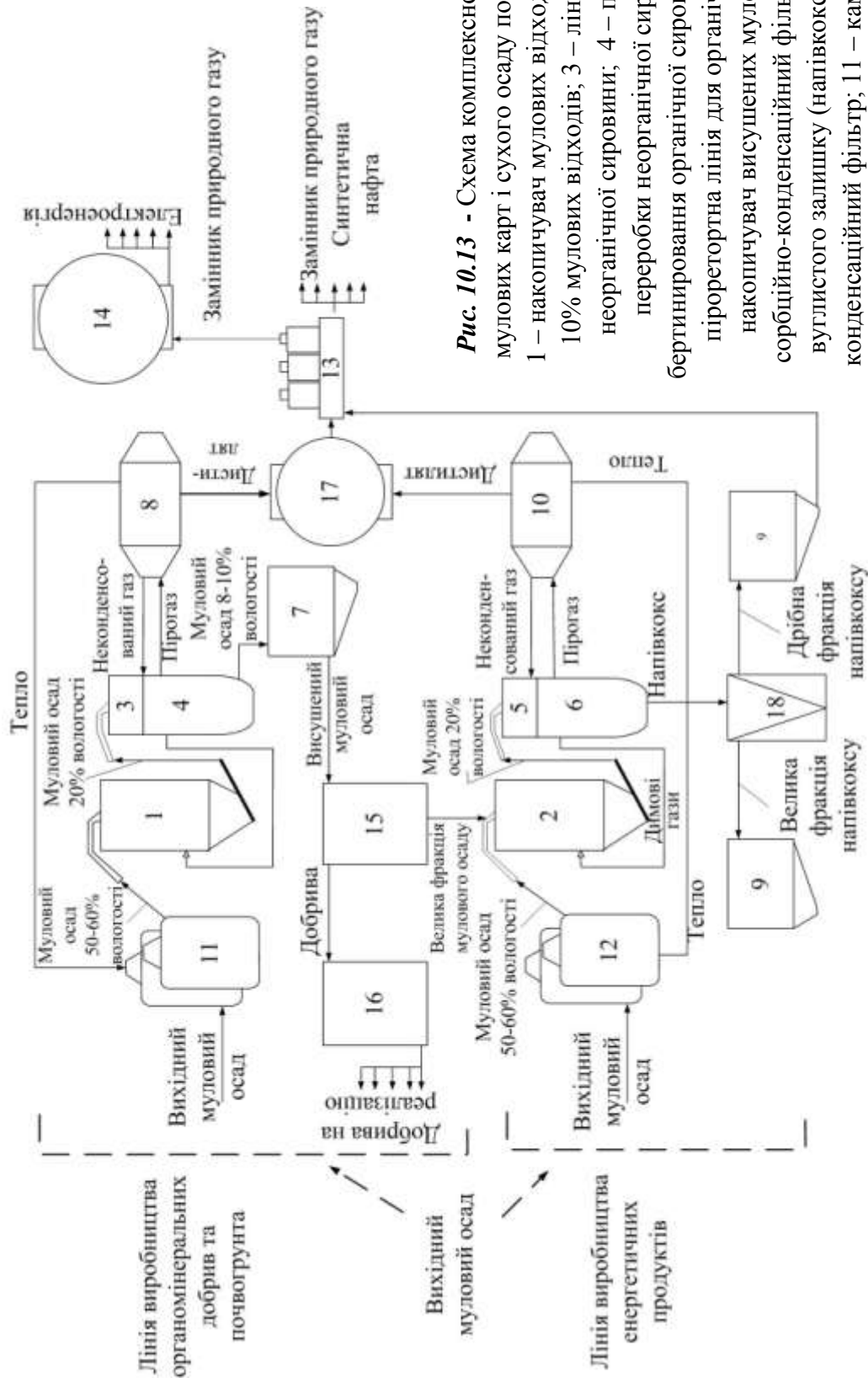


Рис. 10.13 - Схема комплексної переробки осадів мулових карт і сухого осаду побутових стічних вод:

- 1 – накопичувач мулових відходів; 2 – накопичувач 10% мулових відходів; 3 – лінія бертинного накопичування неорганічної сировини; 4 – пірогазотна лінія переробки неорганічної сировини; 5 – лінія бертинного накопичування органічної сировини; 6 – енергетична пірогазотна лінія для органічної сировини; 7 – накопичувач висушених мулових відходів; 8 – сорбційно-конденсатний фільтр; 9 – накопичувач вуглистої залишки (напівкоксу); 10 – сорбційно-конденсатний фільтр; 11 – камера сушки мулових осадів; 12 – камера сушки мулових осадів; 13 – лінія крекінгу і переробки дистиляту органіки; 14 – генеруюча установка; 15 – класифікатор висушених мулових відходів; 16 – накопичувач добрив; 17 – накопичувач дистиляту; 18 – фракційний сепаратор

- вуглекислотна низькокалорійна фракція – на лінію крекінгу з отриманням заміниці природного газу і вуглеводневого дистиляту.

Напівкокс транспортують на каталітичний реактор отримання синтез-газу, в якому переробляють в газову фазу. Робота каталітичного реактора дозволяє отримати нагрітий до температури 300°C синтез-газ з невеликою кількістю конденсованих вуглеводнів низького порядку. Далі, отриманий синтез-газ очищають шляхом пропуску його через сорбційно-конденсаційний фільтр, внаслідок чого утворюються наступні продукти:

- конденсований дистилят, що містить воду з оцтовою кислотою;
- легкі вуглеводні (для переробки в бензин);
- важкі вуглеводні (для переробки в дизельне паливо).

Світовий досвід показує, що поліпшення токсикологічних характеристик осадів не може бути повністю забезпечене заходами, що запобігають попаданню важких металів в міську каналізацію. В осадах міських очисних станцій найбільш небезпечними елементами за рівнем вмісту є Cd, Ni, Zn, Cu і Cr. З них тільки вміст хрому і нікелю повністю визначається техногенними джерелами забруднення. Ефективний контроль за скиданням цих елементів промисловими підприємствами дозволить понизити їх вміст в осадах до ГДК цих речовин в ґрунтах. Вміст Cu і Zn багато в чому визначається розсіяними джерелами забруднення. Суворий контроль за скиданням цих елементів дозволяє понизити їх вміст в осадах тільки до концентрацій, що в 2,5-3 рази перевищують ГДК в ґрунтах.

Кадмій є найважливішим елементом при рішенні питання про можливість сільськогосподарської утилізації осадів. Контроль за скиданням Cd, аж до повної відмови від його застосування промисловістю, не може забезпечити необхідний ступінь чистоти осадів по цьому елементу. У осадах стічних вод малих населених пунктів, які не мають промисловості, його вміст як правило не опускається нижче 1,5 ГДК, а в осадах середніх і крупних міст - нижче 4-5 ГДК при суворому контролі за його скиданням в мережу. Фактичний вміст Cd в осадах в 6-10 разів перевищує ГДК.

Присутність в осадах важких металів викликає значну кількість пошукових дослідницьких робіт по розробці технологій детоксикації осадів. Більшість розробок заснована на переведенні важких металів в розчинений стан з подальшою сепарацією детоксицьованої твердої фази

осаду від рідкої фази, що містить важкі метали. Відмінності технологічних рішень полягають в методах переведення важких металів в розчин і подальшої їх концентрації у вигляді шламів. Складність проблеми полягає в тому, що важкі метали в осаді представлені важкорозчинуваними органічними і мінеральними сполуками, руйнування яких відбувається тільки в кислому середовищі з високим окислювальним потенціалом.

Способи виділення іонів важких металів з осадів із застосуванням хімічних реагентів або не можуть забезпечити задовільне витягання важких металів (наприклад, Cu і Cd), або викликають розчинення мінеральної і органічної речовини осаду. Їх відмінною рисою є велика витрата реагентів (до 70% по сухій речовині осаду). При рН нижче 2,3-2,1 відбувається, вимивання з твердої фази осаду фосфору і розчинних елементів Fe і Al, що в значній мірі погіршує властивості добрив осадку і призводить до збільшення кількості шламу, що містить важкі метали. Для технології із застосуванням комплексоутворювачів та іонообмінних смол практично неможливо вирішити питання регенерації цих дорогих матеріалів.

Найбільш перспективними методами видалення важких металів з осаду міських стічних вод є технології, що комбінують хімічні та біологічні прийоми. Застосування кислотних реагентів, насамперед найбільш дешевої та екологічно безпечної сірчаної кислоти, дозволяє забезпечити кислу реакцію середовища, а підтримку активності специфічної біомаси забезпечує перехід важких металів в розчин.

Основними мікроорганізмами, що беруть участь в процесі реагентно-біологічного вилуговування, є автотрофні аеробні бактерії роду *Thiobacillus* – *T. ferrooxidans* і *T. thiooxidans*, здатні активно функціонувати в кислому середовищі (рН 1,5-4) і використовувати відновлені сполуки сірки як джерела енергії. На відміну від інших тіонових бактерій *T. ferrooxidans* здатні окисляти іони закисного заліза (Fe^{2+}) до іонів окисного заліза (Fe^{3+}). Утворення окисного заліза в кислому середовищі приводить до руйнування сульфідів важких металів та їх органокомплексів, осадженню розчинених фосфорних сполук, флокулюванню органічних речовин. Завдяки багатофункціональній ролі окисного заліза і його постійній регенерації тіобацилами процес можна проводити при

підвищених, порівняно з хімічними технологіями, значеннях рН та зі значною економією реагентів.

Дослідження процесу реагентно-біологічного вилуговування проводилися на термофільному збродженому осаді Кур'янівської станції аерації (м. Москва). Технологію досліджували та розробляли на лабораторному рівні, вона пройшла демонстраційні випробування на пілотній установці продуктивністю 1 м³/доб. В результаті розроблена комплексна схема реагентно-біологічного кондиціонування осаду з видаленням важких металів (рис. 10.14).

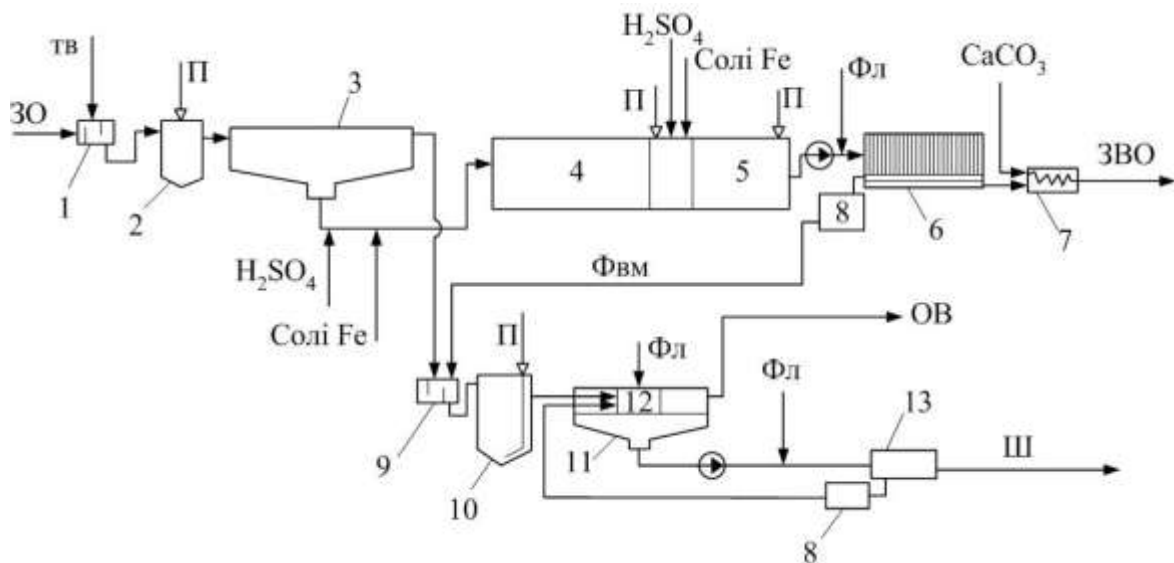


Рис. 10.14 – Технологічна схема реагентно-біологічного вилуговування важких металів з осадів міських стічних вод:

1,9 – камери змішення; 2 – промивний резервуар; 3 – ущільнювач;
 4 – біореактор-вилуговувач першого ступеня; 5 – те ж, другого ступеня;
 6 – фільтр-прес; 7 – змішувач осаду і нейтралізуючого матеріалу; 8 – збірний резервуар фільтрату; 10 – дегазатор; 11 – відстійник-ущільнювач;
 12 – камера утворення пластівців; 13 – апарат механічного зневоднення;
 ЗО – зброджений осад; ТВ – технічна вода; П – повітря; Фл – флокулянт;
 ЗВО – зневоднений осад після вилуговування на утилізація як добрива;
 ОВ – очищена вода в голову очисних споруд; Ш – шлам, який містить важкі метали, на захоронення або переробку; ФВМ – фільтрат, який містить важкі метали

Встановлені основні технологічні параметри процесу:

- оптимальний час обробки осаду в проточному біореакторі – 1 доба при температурі 25-27°C;

- витрата реагентів – солі заліза 1-2% Fe по сухій речовині осаду, сірчана кислота 10-15% по сухій речовині осаду. Осад з пілотної установки

мав низький питомий опір фільтрації – $35\text{-}40 \cdot 10^{10}$ см/г. Оптимальна доза флокулянта при зневодненні складала 1,5 кг/т сухої речовини (при зневодненні вихідного збродженого осаду - 5 кг/т). Вологість кека знаходилася в інтервалі 67-73%. Кек добре і повністю відділявся; не забруднюючи фільтрувальну тканину.

Фільтрат характеризувався низьким вмістом органічної речовини: ХПК 200-300 мг/л; БПК – 50-70 мг/л; розчиненого фосфору 10-25 мг/л; заліза 10-20 мг/л.

В результаті реагентно-біологічної обробки в твердій фазі осаду зберігається основна маса фосфору і азоту. Зниження вмісту калія не перевищує 10-15%. Властивості осаду як добрива повністю зберігаються. При цьому вміст кадмію може бути понижений з 12-15 до 2-3 мг/л, цинку – з 844-1004 до 148-227 мг/л, нікелю – з 85-88 до 41-43 мг/л, міді – з 523-524 до 269-296 мг/л, кобальту – з 6-7,5 до 3 мг/л та ін.

Для очищення фільтрату використовують зливну воду ущільнювачів, збродженого осаду. В результаті змішення двох вод - з високою лужністю і кислотністю - відбувається їх взаємна нейтралізація і виділення важких металів в тверду фазу у вигляді гідроксидів, фосфатів, карбонатів, сульфідів і нерозчинних органокомплексів. При цьому досягається високий ефект очищення зливної води від завислих речовин і фосфору.

Контрольні запитання:

1. Яким вимогам повинна відповідати будь-яка технологічна схема обробки осадів?
2. Опишіть комплексну схему центрифугування і аеробної мінералізації активного мула і суміші фугатів.
3. Дайте характеристику комплексній схемі анаеробного зброджування.
4. Як працює схема вакуум-фільтрації і термічної сушки осадів.
5. Охарактеризуйте комплексну схему аеробної мінералізації, теплової обробки і фільтр-пресування осадів.
6. Які апарати застосовують в схемі роздільного центрифугування сирого осаду і активного мула?
7. Опишіть комбіновану схему центрифугування осадів стічних вод.
8. Як реалізують реагентну підготовку в при вакуум-фільтруванні осаду?
9. Як працює технологічна схема фільтр-пресування осадів?

- Термофільне зброджування осадів проводять при температурі:
А) 10-30°C; В) 40-50°C;
Б) 20-40°C; Г) 50-70°C.
- Процеси аеробної стабілізації здійснюються:
А) при доступі кисню повітря;
Б) без доступу кисню повітря.
- Двоярусні відстійники для зброджування осадів застосовують при продуктивності станції:
А) до 10 тис. м³/доб.; В) більше 10 тис. м³/доб.;
Б) до 25 м³/доб.; Г) більше 100 тис. м³/доб.
- Яку форму резервуару метантенка вважають за якнайкращу:
А) кубічну з прямими перекриттями і днищем;
Б) кубічну з конічними перекриттями і днищем;
В) циліндрову з прямими перекриттями і днищем;
Г) циліндрову з конічними перекриттями і днищем.
- Перед яким технологічним процесом проводять кондиціонування осадів:
А) ущільнення; В) зневоднення;
Б) стабілізація; Г) спалювання.
- Яким вимогам повинна відповідати будь-яка технологічна схема обробки осадів:
А) забезпечення зменшення об'ємів осадів; В) збереження навколишнього середовища;
Б) можливість використання або ліквідації осаду; Г) мінімальна кількість застосовуваного обладнання.

Розділ 3

УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ТА БІОГАЗУ, УТВОРЮВАНОВОГО ПРИ АНАЕРОБНОМУ ЗБРОДЖУВАННІ ОСАДІВ

Тема 11. НАПРЯМИ УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ТА БІОГАЗУ

11.1. Напрями утилізації осадів стічних вод

Осади стічних вод (ОСВ) є цінним матеріальним і енергетичним ресурсом - вони можуть використовуватися як органомінеральні добрива або спалюватися з отриманням тепла (рис. 11.1). Альтернативними способами утилізації ОСВ є виробництво різних будівельних матеріалів на основі золи й шлаку від спалювання ОСВ, отримання теплової енергії при спалюванні висушених осадів (окремо або спільно з твердими побутовими відходами), використання осадів у складі сорбентів, вживаних для очищення газів каналізаційних колекторів, рекультивация ґрунтів, кар'єрів і закритих звалищ шляхом засипки висушеними осадами і тому подібне.

ОСВ містять необхідні рослинам елементи живлення (азот, фосфор, калій, мікроелементи) і за своєю агрохімічною цінністю аналогічні традиційним органічним добривам – гною; внесення їх в ґрунт поліпшить склад і структуру орного шару ґрунту і забезпечить підвищення врожайності рослин (табл. 11.1, 11.2).

Таблиця 11.1 – Вміст основних живильних речовин в осадах стічних вод, % маси сухої речовини

<i>Живильні речовини</i>	<i>Сирий осад</i>	<i>Збродженний осад</i>	<i>Активний мул</i>	<i>Суміш осаду первинних відстійників і активного мула</i>
Азот загальний	1,6-6	1,7-7,5	2,4-10,0	2,0-8,0
Фосфор загальний в перерахунку на P_2O_5	0,6-5,2	0,9-6,6	2,3-8,0	1,0-7,0
Калій загальний в перерахунку на K_2O	0,1-0,6	0,2-0,5	0,3-0,4	0,2-0,5

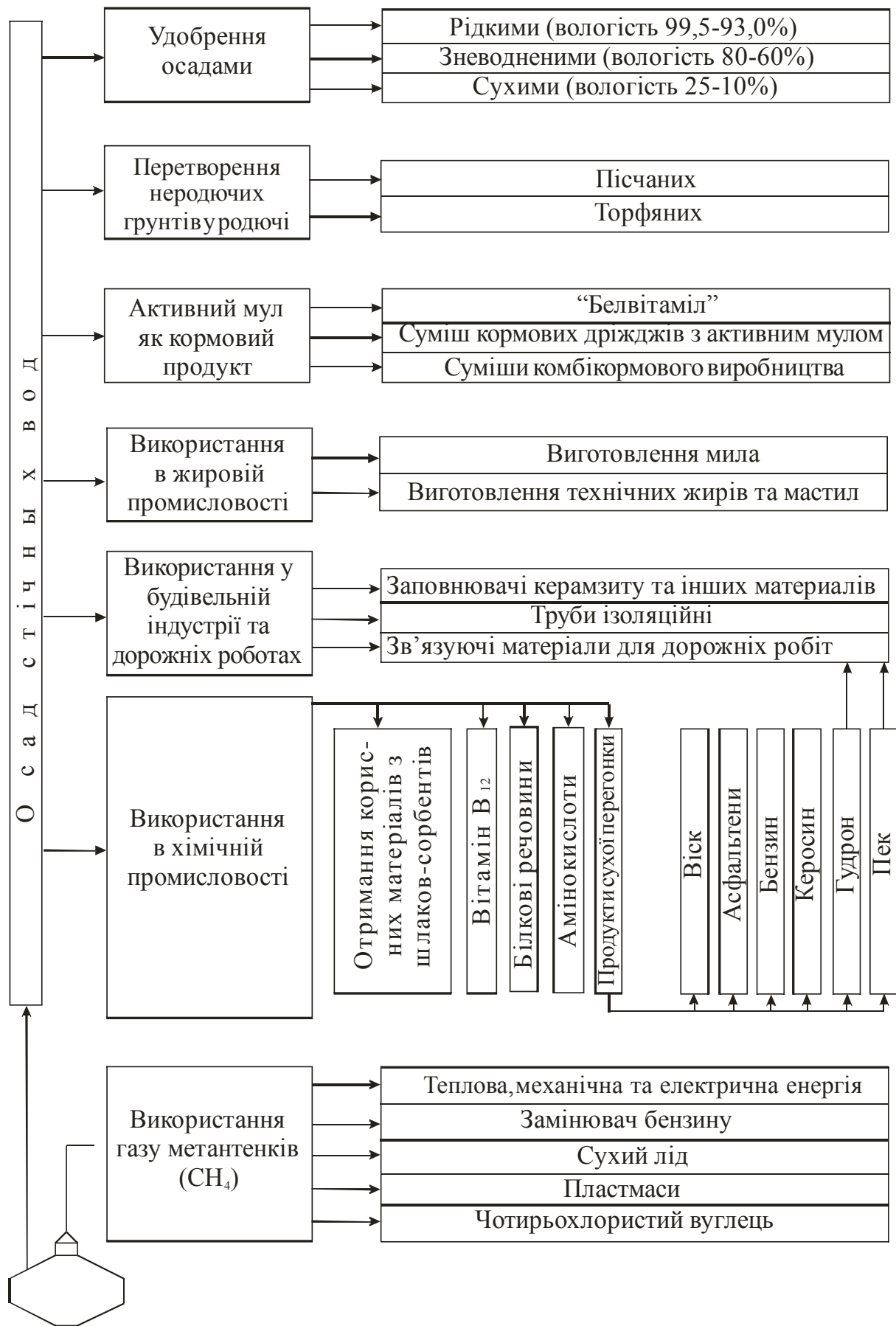


Рис. 11.1 – Основні напрями утилізації осадів стічних вод

Таблиця 11.2 – Агрономічна цінність осадів стічних вод, перегною та твердих побутових відходів

<i>Добрива</i>	<i>Вміст, % від маси сухої речовини</i>				
	<i>азоту загального</i>	<i>фосфора загального</i>	<i>калію</i>	<i>кальцію</i>	<i>магнію</i>
Гній кінський	2,16	1,79	1,80	1,66	0,53
Гній коров'ячий	2,00	1,02	2,22	-	-
Сміття міське (ТПВ)	1,64	1,00	0,30	-	-
Осад сирий з первинних відстійників	3,20	1,80	0,15	-	-
Осад, зброджений після первинних відстійників та мулових площадок	3,02	2,33	0,21	3,48	-
Теж, разом з активним мулом	3,03	3,70	0,18	3,29	0,95
Після механічного зневоднення та термічної сушки	1,96	3,92	0,007	5,21	5,81
Зброджений осад, підсушений на мулових площадках	1,3	2,54	0,28	-	-
Вимоги до якості осаду, використаного як добриво	>0,60	>1,50	>0,15	-	-

З приведених даних видно, що «свіжоутворені» осади, окрім 60-80% органічних речовин, містять азоту і фосфору до 3,5-6%, калія до 0,4-0,7%. Але при тривалій їх витримці відбувається мінералізація органічних речовин, а також втрата або винесення живильних елементів з рослинами, які мимоволі висіваються на осадах. Найбільш цінним органічним добривом, особливо багатим азотом і фосфорним ангідридом, є активний мул.

Мінеральна частина осадів представлена в основному сполуками кальцію, кремнію, алюмінію та заліза.

Надходження на очисні станції міст різноманітних виробничих стоків обумовлює присутність в осадах ряду мікроелементів. Вміст мікроелементів, мг на 1 кг сухої речовини осадів, складає:

бор	- до 15	мідь	- 55 - 3200
кобальт	- 2 - 114	молібден	- 0,5 - 11
марганець	- 60 - 715	цинк	- 40 – 5000.

Мікроелементи підвищують швидкість багатьох біохімічних реакцій, що протікають в рослинах, а їх недолік викликає порушення обміну речовин. Також мікроелементи сприяють засвоєнню рослинами органічних речовин з осадів.

Санітарно-бактеріологічна і санітарно-паразитологічна оцінка осадів стічних вод показала, що у тих спорудах, де використовують технологію термофільного зброджування, обробку вапном або аміаком, компостування, санітарні показники відповідають вимогам нормативних документів, тобто патогенні мікроорганізми і небезпечні для здоров'я яйця гельмінтів відсутні.

Питання утилізації зневоднених осадів стічних вод підіймалося вченими ще в 1914 році, їх рекомендувалося використовувати як добриво або паливо. В даний час накопичений значний досвід з використання осадів міських і виробничих стічних вод. Визначені такі основні напрями утилізації осадів [22]:

Сільськогосподарське використання

Як вказано вище, за складом ОСВ практично відповідають перегною, поступаючись останньому тільки за вмістом калію; очевидним є доцільність їх використання в сільському господарстві як добрива.

Відходи стічних вод виробничих підприємств також успішно можуть утилізуватися в сільському господарстві. Металургійні шлами, які містять значну кількість вапна, можуть використовуватися для кондиціювання кислих ґрунтів. Осади органовміщуючих стічних вод харчової, целюлозно-паперової та гідролізної промисловості за вмістом біогенних елементів перевершують осади муніципальних стічних вод, що зумовлює успішне їх використання в якості добрива.

Високий вміст білків, амінокислот, мікроелементів і вітамінів в надлишковому активному мулі дозволяє використовувати його як харчові добавки для різних галузей тваринництва. Зокрема вченими запропоновано застосування розробленого на його основі кормового продукту «белвітамілу». Добавка в харчовий раціон тварин і птахів даного продукту збільшує вихід м'ясних продуктів, підвищує яйценоскість курей, покращує смакові якості та зменшує витрати кормів.

Крім безпосереднього використання осадів як добрива, можливо виробництво на їх основі компостів. Цей спосіб утилізації має ряд переваг, а саме дозволяє спростити транспортування, відкоректувати склад.

Регенерація цінних продуктів

Починаючи з 80-х років минулого століття, в США застосовується компостування осаду спільно з твердими побутовими відходами з метою отримання біогазу. До теперішнього часу близько 120 місць депонування використовують спеціальні реактори, де відбувається анаеробне бродіння. Реактор є послідовністю шарів, нанесених на водонепроникну основу. Біогаз збирається пористим спеціальним газовідвідним шаром. Після завершення процесу бродіння компост використовують для кондиціонування збіднених ґрунтів.

Стічні води первинної обробки шерсті висококонцентровані та містять велику кількість шерстного жиру. Очищення стоків флотаційною сепарацією дозволяє затримати близько 50% шерстного жиру. Після розділення з шерстю жирні стоки подаються в теплообмінник, де охолоджуються з 45 до 30°C, потім прямують в імPELLерні флотаційні апарати. Концентрована жировміщуюча піна після флотаторів перекачується в бак підігріву емульсії, звідти на первинні сепаратори, де розділяється на три фракції: жирову, грязьову і водяну. Жирові води подаються на вторинні сепаратори, після яких виходить висококонцентрований технічний жир. Одержуваний таким чином жир використовують як ефективний антикорозійний засіб для зберігання машинних виробів, як мастило для підшипників, воно має високотемпературну точку плавлення. Ланолін, що виділяється з технічного жиру, широко використовують в косметичній промисловості.

Солі важких металів, які містяться в стічних водах гальванічних виробництв, потрапляють в міську каналізацію, потім на муніципальні очисні споруди, де опинюються в осаді й надалі ускладнюють утилізацію останнього в сільському господарстві. Одночасно з цим втрачається значна кількість цінних компонентів, які можливо повторно використовувати в гальванічному виробництві. У Великобританії розроблений спосіб утилізації нікелю, міді та цинку з гідроокисного шламу гальванічних ванн на основі їх вилуговування. Мідь і нікель витягують послідовно з вилуговуючого розчину рідинною екстракцією. Потім цинк виділяють з

розчину при термічній відгонці аміаку у вигляді карбонату. Вилуговуючий розчин змішують з відігнаним аміаком, після чого повторно використовують для виділення металовмісних відходів.

Виробництво будівельних матеріалів

Осад стічних вод може служити сировиною для виробництва будівельних матеріалів. Можна виділити наступні напрями: використання осаду у виробництві цементу; у виробництві керамічної цеглини; застосування золи після спалювання осадів як наповнювача для бетону, асфальту; використання одержуваного при плавленні осадів шлакокамня в будівництві автомобільних доріг.

Відходи очищення стічних вод титаномагнієвих виробництв знаходять застосування для виробництва терпкої речовини, на основі якої можна виробляти штукатурні розчини, штучний мармур, термоізоляційні матеріали, основи під чисту полу та ін. Волокновміщуючі осади стоків целюлозно-паперових комбінатів успішно використовують для виробництва волокнистих плит. На основі осадів надсмольних вод, які одержують при очищенні стоків підприємств синтетичних смол, успішно готують різні пластмасові вироби, які в три-чотири рази дешевше, вони вологотермостійкі та відрізняються підвищеними діелектричними властивостями.

Широко відомі дослідження з використання золи, одержаної при спалюванні осаду, при виробництві цементу. Але останнім часом розроблена технологія утилізації стабілізованого і зневодненого осаду як компоненту при виробництві портландцементу. На рис. 11.2 представлена схема отримання наповнювача з осаду і вапна для цементу. Заздалегідь зброджений і зневоднений осад муніципальних стічних вод піддають сушці при температурі 105°C, де висушують до вологості 5%, потім його подрібнюють і піддають просіюванню крізь сита з розміром осередків 10 мм, звідки спільно з роздробленим вапняком (вміст $\text{CaCO}_3 > 95\%$) подають в міксер.

Суміш осаду і вапняку піддають первинному подрібненню до частинок з розміром 0,25-0,35 мм, після чого подають в електричну піч. Процес випалення контролює ЕОМ. Обробка закінчувалася вторинним подрібненням до розміру зерна 0,08 мм і додаванням портландцементу. Залежно від вмісту вапна, долі портландцементу, часу і температури

випалення змінювалися характеристики речовини - «біоцементу», при порівнянні яких зроблені наступні висновки: при температурі 550°C повністю вигорає органіка, якнайкращі показники має суміш осаду і вапна в співвідношенні 1:1 при обробці в печі з температурою 1000°C. Зразки «біоцементу», що складаються з 30% такої суміші і 70% портландцементу, за показниками міцності не поступаються зразкам 100% портландцементу.

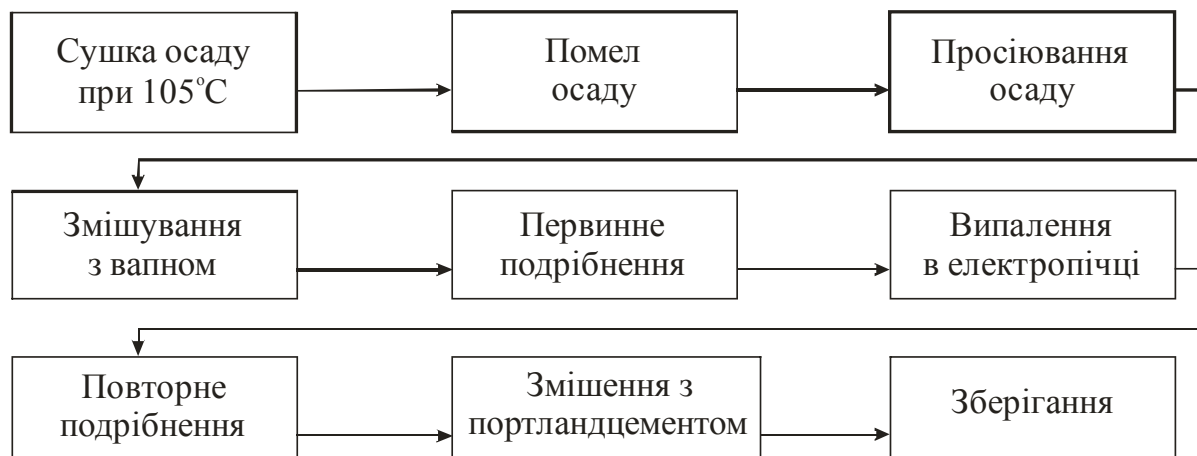


Рис. 11.2 – Схема виробництва біоцементу

Ця технологія економить сировину для виробництва портландцементу і дозволяє ефективно утилізувати осади муніципальних стічних вод.

Цікавим способом утилізації осаду стічних вод при виготовленні штучного каменя - наповнювача для виробництва бетону є технологія, запропонована вченими з Сан-Дієго [14]. Як початкові матеріали для виробництва даного каменя служать глина, осад муніципальних і виробничих стічних вод, який неможливо утилізувати в сільському господарстві із-за наявності в ньому токсичних компонентів. Процес виробництва цього наповнювача полягає в наступному: подрібнений осад і глину перемішують, потім суміш формують у вигляді кульок і обпалюють в роторній печі. Готовий наповнювач представляє з себе кульки, що нагадують керамзит, розмірами 10-12 мм, які використовують надалі при виробництві бетону.

В Японії широко застосовують технології виробництва будівельних матеріалів з осадів стічних вод, які піддають плавленню в різних печах: коксоплавильній, рефлекторній, вихровій, електричній і мікрохвильовій [14]. В даний час в країні діють 3 установки з коксоплавильними печами, 2

– з рефлекторними, 8 – з вихровими і одна – з електричною піччю. Шлак, що одержують в результаті плавлення, складає всього лише 2,6% від об'єму вихідного зневодненого осаду.

На думку японських фахівців, плавлення - чудовий і дуже вигідний спосіб утилізації осадів стічних вод. Дану технологію використовують при відливанні металу, коли спільно з коксом плавиться руда. У разі утилізації осаду замість руди подають зневоднений до 45% осад з реагентом і коксом так, щоб вагове співвідношення оксиду кальцію до оксиду кремнію було біля одиниці.

Коксове завантаження грає роль камінних грат і дозволяє підтримувати температуру біля 1600°C, потрібну для проходження процесу, вище зони плавлення знаходиться вторинна зона горіння, яка слугує для уловлювання розсіяного пилу.

Після зони горіння температура утворюваних газів знижується до 900°C за допомогою системи труб з холодною водою. При цьому утворюється пара, використовувана для сушки осаду і частково утилізована як електрична енергія. Утворювані гази проходять систему очищення і випускаються в атмосферу.

Фізичні властивості і форма частинок шлаку залежать від методу охолодження. Його міцність - наслідок ступеня кристалізації. Шлак з високим вмістом кремнію достатньо погано кристалізується. При охолодженні водою - частинки шлаку дрібні і склоподібні. Шлак, який охолоджують потоком повітря, стає склоподібним і застигає єдиною масою; при охолодженні без направлених потоків повітря має вигляд каменя.

В Японії шлакокамень - достатньо ходовий товар: у префектурі міста Осаки в рік продається близько 1400 тонн шлаку в рік. Товар з розмірами частинок 3-40 мм охоче розкуповують для будівельних робіт, шлакокамень розміром 2,5-4 мм - для виробництва будівельних конструкцій і матеріалів; найдрібніший (<2,5 мм) для виготовлення фарб і мастил. До середини 90-х років минулого сторіччя на хвилі захоплення безвідходними технологіями незвичайно популярними були ювелірні прикраси з шлакокаменя.

Виробництво адсорбентів з осадів муніципальних стічних вод

Швидкі темпи зростання міст і селищ останнім часом призводять до того, що очисні споруди муніципальних стічних вод і промислові

підприємства опиняються в міській межі. При цьому гостро встає проблема усунення неприємних запахів, супутніх технології виробництва. Найбільш поширена речовина, що викликає неприємний запах - сірководень, який утворюється при кислій фазі анаеробного зброджування. До останнього часу для усунення неприємного запаху використовували активоване вугілля, яке має один істотний недолік – високу вартість. Багатьма вчених проводили дослідження з метою знайти дешевий замінник активованого вугілля. Осад стічних вод, багатий вуглецем і органічною речовиною, є перспективною сировиною для виробництва адсорбенту.

У Сінгапурі розроблена технологія виробництва адсорбенту з осадів муніципальних стічних вод. Висушений до 50% осад піддають хімічній активації шляхом змішування з розчином хлориду цинку і залишають на 24 години. Потім суміш фільтрують і висушують в печі при температурі 108°C, після чого піддають піролізу при 650°C протягом трьох годин (рис. 11.3). Сорбуюча здатність одержаного адсорбенту складає 25% здібності активованого вугілля, виготовленого промислово, але дозволяє достатньо ефективно видаляти неприємні запахи, маючи при цьому значно нижчу вартість. Окрім цього, приготовані з осадів муніципальних стічних вод адсорбенти застосовують для очищення органічних домішок.

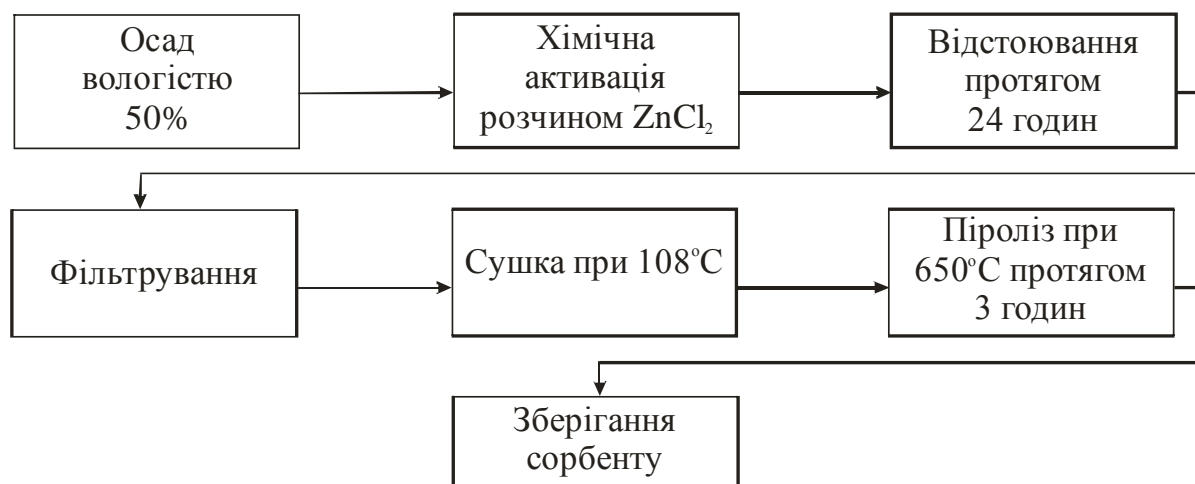


Рис. 11.3 – Схема виробництва сорбенту з осаду муніципальних стічних вод

Російські вчені розробили технологію виробництва активованого вугілля шляхом піролізу з осадів стічних вод. Висушений до вологості 5-10% активний мул піддають термічному розкладанню до отримання

карбонізованого залишку (напівкоксу), потім активують перегрітою водяною парою з температурою 700°C протягом 60 хв., при цьому видаляють вуглеводні та смолянисті речовини, а поверхня виходить більш розпушеною і пористою (рис. 11.4). З одного кілограма сухого активного мулу виходить біля 300 г активованого вугілля. Обробка вугілля 10%-ним розчином соляної кислоти знижує зольність і різко збільшує пористість.

Одержане з активного мулу активоване вугілля успішно використовують як гемосорбент (сорбент для очищення крові). Із-за високого вмісту білкових речовин, мікроелементів, вітамінів і амінокислот активоване вугілля з осадів вигідно відрізняється від аналогічного вугілля, виготовленого з деревини, торфу, торф'яного напівкоксу, викопного вугілля, нафтових відходів, відходів целюлозно-паперової промисловості.

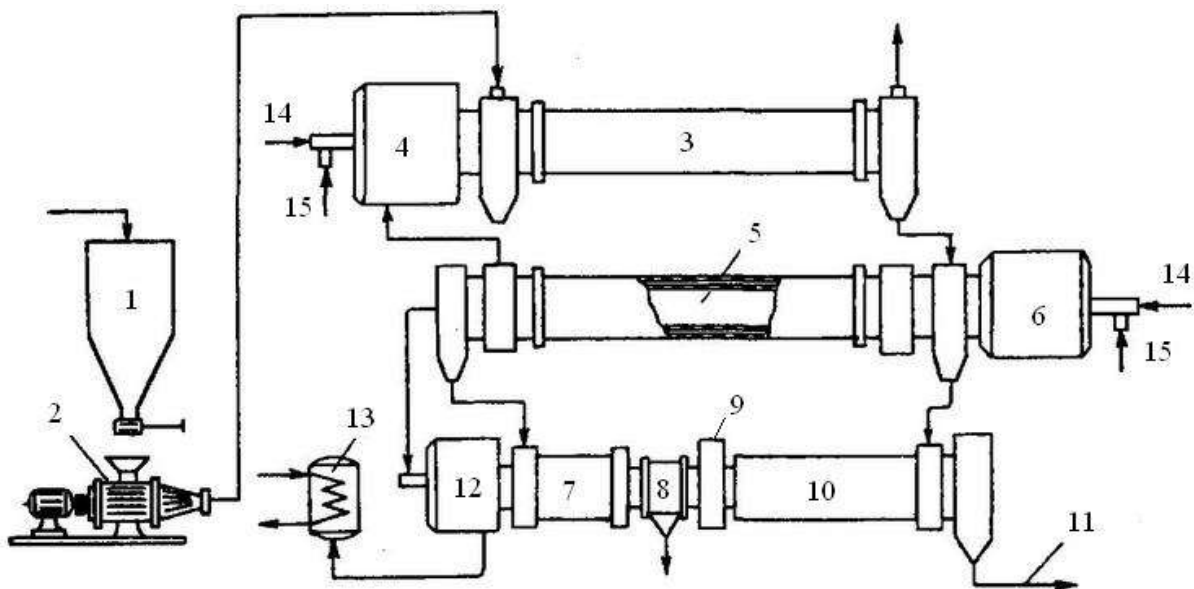


Рис. 11.4 - Схема отримання активованого вугілля з активного мулу методом піролізу:

- 1 – збірник зневодненого активного мулу; 2 – гранулятор; 3 – сушарка;
4 – піч сушарки; 5 – піч піролізу, що обертається; 6 – топка піролізної пічі;
7 – камера активації; 8 – камера знезолення; 9 – камера промивання;
10 – камера сушіння; 11 – активоване вугілля на пакування; 12 – топка дожигання; 13 – котел-утилізатор тепла; 14 – подавання пального;
15 – подавання повітря

Можливо широке використання сухого активного мулу як сировини для фармацевтичної промисловості, де він може застосовуватися в технології біосинтезу біологічно активних речовин, при цьому активний мул здатний замінити гостродефіцитні й коштовні фармакологічні препарати.

У табл. 11.3 приведені методи і об'єми утилізації осадів в різних європейських країнах.

Таблиця 11.3 - Методи і об'єми утилізації осадів в деяких європейських країнах

<i>Країна</i>	<i>Методи утилізації %</i>			
	<i>у сільському господарстві</i>	<i>звалище</i>	<i>спалювання</i>	<i>інші</i>
Австрія	13	56	31	-
Швейцарія	50	30	20	-
Німеччина	25	55	15	5
Данія	27	28	36	9
Швеція	15	70	-	15
Англія	53	16	7	24 (скидання в море)
Фінляндія	27	36	-	37

11.2. Напрями утилізації біогазу

В даний час більшого значення в Україні набувають питання економії матеріалів і паливно-енергетичних ресурсів, охорона навколишнього середовища. У цих умовах розвиток комунального господарства неможливий без освоєння нетрадиційних поновлюваних джерел енергії (НПДЕ). Переваги їх в тому, що вони невичерпні та екологічно чисті.

Світовий досвід використання технології анаеробної переробки осадів стічних вод та інших органічних відходів для одержання біогазу свідчить про рентабельність та перспективність її впровадження. Такі роботи входять до національних енергетичних програм більшості індустріально розвинених країн та тих, що розвиваються - США, Англії, Франції, Італії, Японії, Австрії, Швеції, Фінляндії, Канади, Індії, Китаю, Бразилії, а також ряду країн Південно-Східної Азії та Африки.

В процесі очищення стічних вод єдиними спорудами з позитивним енергетичним балансом є метантенки, в яких в результаті анаеробного зброджування осадів, отриманих при очищенні стічних вод, утворюється біогаз.

Для нормального функціонування біогазова установка повинна мати необхідні пристрої (рис. 11.5): ємкість гомогенізації, завантажувач

сировини, реактор, мішалки, газгольдер, система змішування води і опалювання, газова система, насосна станція, сепаратор, прилади контролю, КВПіА з візуалізацією, система безпеки.

У табл. 11.4 наведено фізичні властивості та склад біогазу, які свідчать про можливості його практичного використання. Теплотворна здатність біогазу та, відповідно, температура й межа займання визначаються переважно часткою CH_4 , оскільки незначні кількості H_2 та H_2S на ці показники практично не впливають [2]. При вмісті в біогазі 60-65% метану та 35-30% діоксиду вуглецю його теплотворна здатність складає 5000-6000 ккал /м³.

З 1 м³ біогазу можливо одержати 1,6-2 кВтгод електроенергії та 1,6-2,85 кВтгод рекуперованої теплової енергії при використанні його в установках спільного вироблення електричної та теплової енергії, ~5,2 кВтгод. теплової енергії в котельнях або ~5,6 кВтгод. теплової енергії в генераторах парогазової суміші.

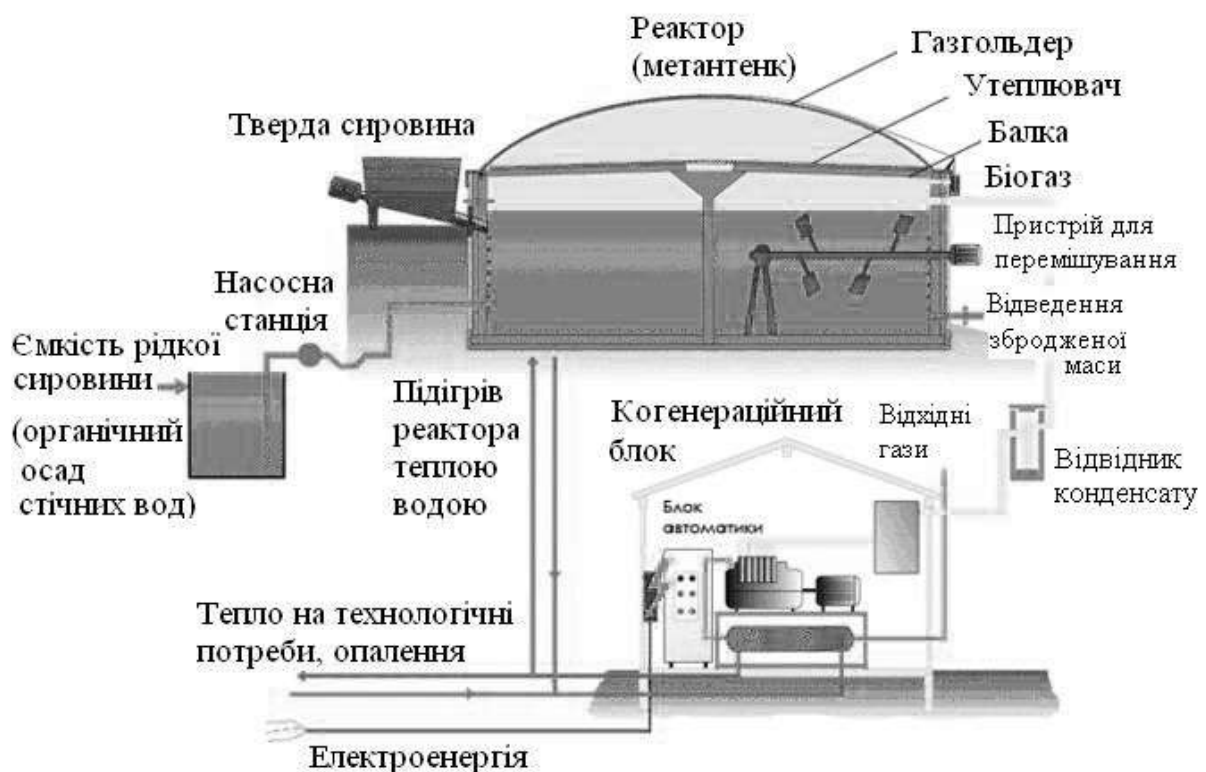


Рис. 11.5 – Принципова схема дії біогазової установки

Анаеробне зброджування осадів стічних вод з подальшим використанням утворюваного біогазу як енергетичного палива дозволять вирішити ряд важливих завдань як екологічного, так і енергетичного характеру:

Таблиця 11.4 - Склад та характеристики біогазу

Характеристика	Основні компоненти біогазу				Біогаз (60% CH_4 та 40% CO_2)
	CH_4	CO_2	H_2	H_2S	
Об'ємна частка, %	55-70	27-44	< 1	<3	100
Об'ємна теплота спалювання, МДж/м ³	35,8	-	10,8	22,8	21,5
Межа займання (вміст у повітрі), %	5-15	-	4-80	4-45	6-12
Температура займання, °С	650-750	-	585	-	650-750
Критичний тиск, МПа	4,7	7,5	1,3	8,9	7,5-8,9
Критична температура, °С	-82,5	31,0	-	100,0	-82,5
Нормальна щільність, г/л	0,72	1,98	0,09	1,54	1,2
Критична щільність, г/л	102	468	310	349	320
Щільність відносно повітря	0,55	2,5	0,67	1,2	0,83

- отримання стабілізованих незагниваючих осадів;
 - використання біогазу для вироблення електричної і теплової енергії;
 - зниження забруднення атмосфери метаном і ліквідація неприємних запахів, що виділяються при перегниванні осадів, тобто запобігання забрудненню атмосфери газами бродіння, а енергія, що виробляється, дозволить замінити від 50 до 100% споживаної енергії каналізаційними очисними спорудами.

Напрямок, що охоплює всі методи отримання і використання енергії і палива з органічної сировини (осадів), отримав назву **біоенергетика**. Цей напрям приведе до значної економії традиційних видів палива. Не менш важливий і природоохоронний аспект, оскільки енергетична переробка органічних відходів значно зменшить забруднення навколишнього середовища.

Українським науково-дослідним інститутом прогресивних технологій в комунальному господарстві (м. Харків) проведено вивчення пріоритетних енергозберігаючих технологій та обладнання анаеробного зброджування осадів стічних вод. Показано, що технологія утилізації біогазу з одержанням електроенергії та рекуперацією скидного тепла від двигун-генераторів і використання його для теплопостачання метантеків є

оптимальною. Нижче приведені три найбільш перспективні технологічні схеми утилізації біогазу на очисних спорудах каналізації.

До складу систем використання біогазу в котельнях, як правило, повинні входити такі будівлі та споруди:

- газозбірний пункт метантенків, призначений для збирання та обліку біогазу, що виділяється у процесі анаеробного зброджування осадів стічних вод в метантенках, а також для виділення з нього надмірної вологості;

- газгольдер з пунктом управління, призначений для забезпечення рівномірності надходження біогазу до споживачів та підтримання постійного тиску біогазу в газовій мережі;

- "газова свіча" з пунктом управління, призначена для спалювання надлишків біогазу у разі неможливості його використання або у разі аварійної ситуації у споживачів.

Принципову технологічну схему утилізації біогазу в котельнях наведено на рис. 11.6.

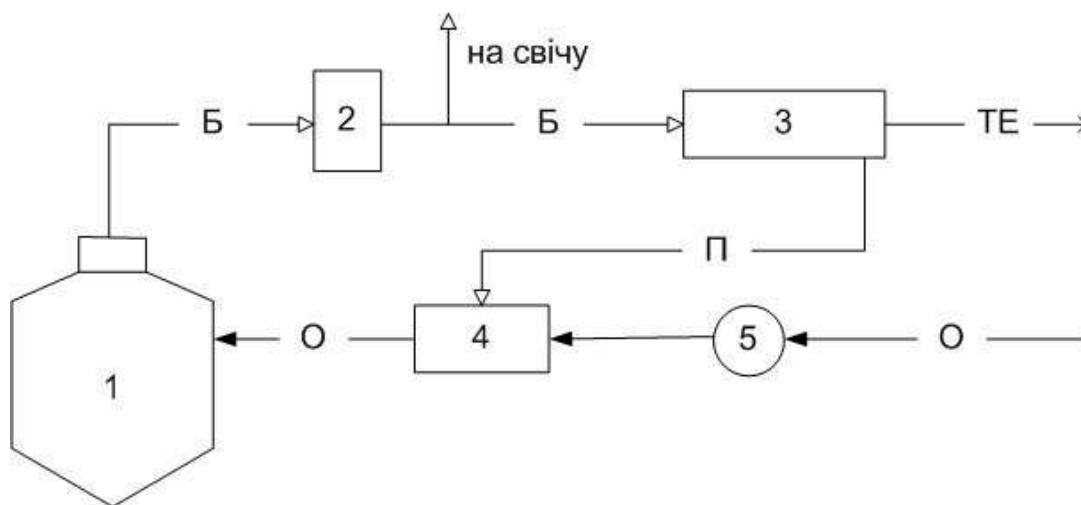


Рис. 11.6 - Технологічна схема виробництва теплової енергії з біогазу метантенків:

О - завантажуваний осад; Б - біогаз; ТЕ - теплова енергія; П - пара;
1 - метантєнк; 2 - газгольдер; 3 - котельня; 4 - інжекторна;
5 - насос завантаження осаду

До складу систем утилізації біогазу в газових двигунах внутрішнього згоряння з електрогенераторами (двигун-генераторах), як правило, повинні входити такі будівлі та споруди:

- газозбірний пункт метантенків, призначений для збирання та обліку біогазу, що виділяється у процесі анаеробного зброджування осадів стічних вод в метантенках, а також для виділення з нього надмірної вологи;

- газгольдер з пунктом управління, призначений для забезпечення рівномірності надходження біогазу до споживачів та для підтримання постійного тиску біогазу в газовій мережі;

- "газова свіча" з пунктом управління, призначена для спалювання надлишків біогазу у разі неможливості його використання або у разі аварійної ситуації у споживачів;

- компресорна установка для стиснення біогазу до тиску, який визначається вимогами до палива газових двигунів;

- установка очищення біогазу від сірководню, якщо його концентрація перевищує вимоги технічних умов;

- двигун-генераторна з установками для виробництва електроенергії і установками утилізації скидного тепла від газових двигунів та теплообмінників призначених для підігрівання осаду, що завантажується до метантенків.

Принципову технологічну схему утилізації біогазу з одержанням електричної та теплової енергії в загальному вигляді наведено на рис 11.7.

Принципова технологічна *схема з підготовки біогазу для заправлення балонів* (рис. 11.8) включає практично ті ж самі будівлі та споруди, що наведені на рис 2, з додатковим включенням установок для більш ретельного очищення біогазу від вологи, сірководню, диоксиду вуглецю та стиснення його до величини 22-25 МПа для заправлення його в балони.

Таким чином, аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду свідчить про доцільність впровадження енергозберігаючих технологій і обладнання анаеробного зброджування осадів стічних вод та утилізації біогазу на комунальних очисних спорудах. Оптимальною є технологія утилізації біогазу з одержанням електроенергії та рекуперацією скидного тепла від двигун-генераторів і використання його для теплопостачання метантенків.

О - осад; ВГ - вихлопні гази; Б - біогаз; Е - електроенергія;

ВО - вода циркуляційного контура охолодження;

1 - метантенк; 2 - газгольдер; 3- компресор; 4 - охолоджувач стисненого газу; 5 - двигун-генератор; 6 - охолоджувач «водо-повітряний»; 7 - теплообмінник «водо-масляний»; 8 - теплообмінник «водо-водяний»; 4 - теплообмінник вихлопних газів; 10 -насос охолоджувального циркуляційного контура; 11 - резервуар оборотної води; 12 - насос подавання осаду; 13 - теплообмінник «вода – осад»



О - осад; П - пара з котельні; Б - біогаз;

газгольдер; 3 - компрессор; 4 - охладжу

для розділення біогазу, стиснення та заправлення його в балони;
6 - інжекторна; 7 - насос подачі осаду до метантенку

11.3. Технологічні схеми утилізації біогазу

Для ефективного вирішення проблеми обробки осадів ТОВ «УкркоммунНДІпрогрес» (м. Харків) розроблений проект, метою якого є зниження негативного впливу осадів стічних вод на навколишнє середовище, удосконалення їх транспортування, зневоднення і утилізації; створення самоокупної, екологічної і енергозберігаючої технології.

Реалізація проекту передбачається шляхом створення комплексу споруд обробки осадів стічних вод, що включає їх анаеробне зброджування в метантенках, використання біогазу для отримання електроенергії в генераторах двигуна з рекуперацією скидного тепла для підігріву осадів і механічне зневоднення всього об'єму осадів з використанням флокулянтів.

Принципова технологічна схема утилізації біогазу приведена на рис. 11.9.

Комплекс споруд включає:

I – споруди для забезпечення стабільності процесу зброджування осадів в метантенках;

II – споруди для зброджування осадів і отримання біогазу;

III – споруди з утилізації біогазу з отриманням електроенергії;

IV – споруди для утилізації вторинного тепла для підігріву осадів.

Для скорочення витрат тепла на підігрів осаду і підтримки заданої температури зброджування, а також зменшення можливості утворення корки в метантенках пропонується видаляти грубодисперсні включення з рідких осадів стічних вод шляхом введення в схему подачі осадів у метантенки проціджувачів.

Грубодисперсні включення, зняті з барабана проціджувача, потрапляють в завантажувальний бункер пристрою віджимання вільної вологи. Вологість віджатих включень – 60%. Далі їх збирають в контейнери і вивозять за межі станції; проціджений осад подають в метантенки.

При зброджуванні розпад органічної речовини осадів складає 43-53%, відповідно зменшується кількість сухої речовини і підвищується вологість осадів. Склад біогазу, що утворюється: метан – 60-70%, вуглекислий газ – 16-34%, азот – до 3%, водень – до 3%, кисень – 0,4%, оксид вуглецю – 2-4%.

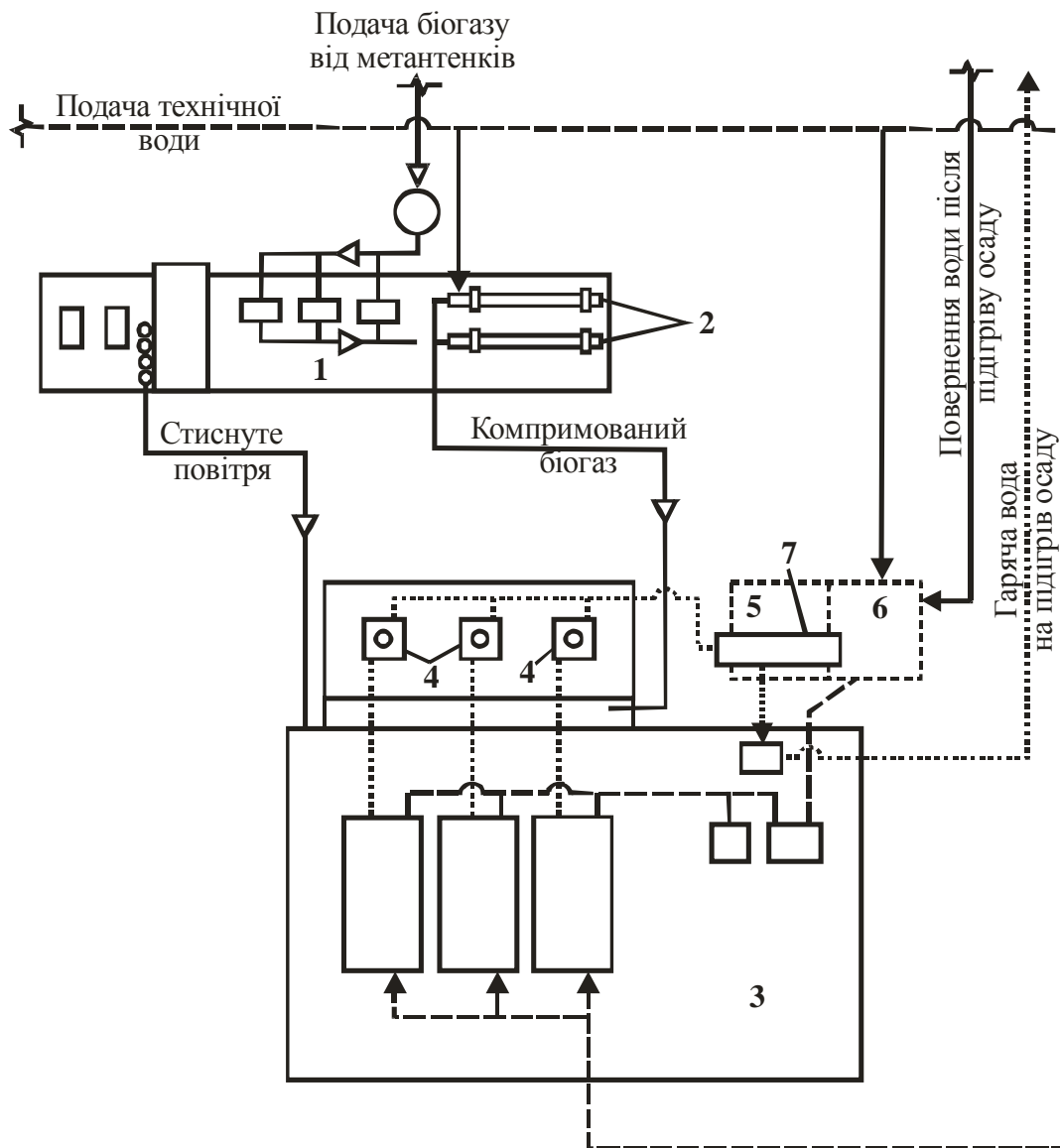


Рис. 11.9 – Технологічна схема утилізації біогазу:

- 1 – компресорна; 2 – теплообмінники охолодження біогазу;
 3 – будівля двигунів-генераторів; 4 – теплообмінники киплячого шару;
 5 – резервуар аварійного зливу масла; 6 – резервуар вихідної води;
 7 – резервуар гарячої води

Вихід газу на 1 м³ завантажуваної суміші осаду і мулу складає в середньому 12 м³. Кількість газу, що виходить при зброджуванні осаду, залежить від його складу і на різних очисних спорудах коливається в значних межах.

Теплотворна здатність і кількість біогазу залежить від його складу, тобто від вмісту основного компоненту – метану і складає 5000-6000 ккал /м³. З 1 м³ біогазу можна одержати до 2 кВтгод. електроенергії і до 6 кВтгод. теплової енергії в опалювально-виробничих котельнях.

Таким чином, область можливого використання біогазу величезна:

1. Газ метан може використовуватися як пальне для котельних (замінює природний газ або тверде пальне – вугілля).

2. Можливе застосування біогазу в двигунах-генераторах для отримання електричної енергії.

3. Може використовуватися як моторне пальне в автомобілях, обладнаних газопаливними системами.

4. Тепло, одержане від спалювання біогазу, може бути використано для нагріву осаду, що подається в метантенки, а також для сушки або спалювання осаду.

Для підтримки необхідного режиму зброджування передбачається рівномірне завантаження осаду в метантенки протягом доби, обігрів їх гострою парою, що випускається через ежекторні пристрої.

Технологічна схема використання біогазу включає отримання електричної і теплової енергії з використанням вітчизняного устаткування і вторинного тепла відпрацьованих газів і охолоджуючих середовищ двигуна.

Біогаз з пункту управління газгольдерами прямує в приміщення компресорної, де тиск біогазу підвищується до 5 кгс/см^2 . В результаті компримування біогазу його температура збільшується до 100°C . Оскільки температура біогазу на вході в електроагрегат не повинна бути вище за 25°C , то після компресорів передбачена установка для охолодження біогазу, що складається з теплообмінників. З них охолоджений компримований біогаз подають в двигун-генератор, який виробляє трифазний струм напругою 6,3 кВ, частотою 50 Гц, потужністю не менше 1000 кВт, який подають через розподільний пристрій 6,3 кВ споживачам електроенергії станції біологічного очищення.

Утилізацію скидного тепла електроагрегату здійснюють таким чином. Воду після охолодження двигуна догрівають в теплообмінниках «КС» вихлопними газами, що відходять від двигуна, і подають в теплообмінники, де відбувається підігрів осаду, який завантажують в метантенки. Охолоджену в цих теплообмінниках воду повертають в систему двигуна.

Теплообмінники «КС» встановлені поблизу глушника випуску вихлопних газів двигуна. У теплообмінники «КС» подають вода з системи охолодження двигуна з температурою $58,5^\circ\text{C}$, а відводять від

теплообмінників з температурою $65,5^{\circ}\text{C}$ і насосами подають в теплообмінники для підігріву осаду, який подають в метантенки, до температури 44°C .

До теплообмінників «КС» підводять вихлопні гази температурою 300°C . Охолоджені вихлопні гази (120°C) виводять в атмосферу через глушник вихлопу.

Теплообмінники для підігріву осаду і насоси безперервного завантаження осаду в метантенки повинні бути встановлені поблизу існуючих метантенків.

Таким чином, анаеробне зброджування осадів міських стічних вод з подальшим використанням утворюваного біогазу, в якості моторного пального для генераторів двигуна дозволить вирішити комплекс найважливіших завдань, а саме:

- *технологічних*, що забезпечують отримання стабілізованого незагниваючого осаду;
- *енергетичних*, що дають можливість компенсувати значну частину електричної і теплової енергії, яку витрачають на роботу повітрорудних машин і технологічний нагрів осаду, який подають на зброджування в метантенки;
- *екологічних*, що знижують забруднення атмосфери метаном і ліквідують смердючі запахи, які виділяються при перегниванні нестабілізованих осадів стічних вод.

Важливою перевагою такої технології є також можливість забезпечення автономним енергозабезпеченням станцій біологічного очищення при аварійних режимах в енергомережах.

Попередні розрахунки показують високу ефективність пропонованої технології. Очікуване вироблення біогазу для міст України з населенням більше 200 тис. складе не менше 100 млн. $\text{м}^3/\text{год}$ (калорійністю $5500 \text{ ккал}/\text{м}^3$), що еквівалентно 200 млн. кВт/год. в рік електроенергії, або 70 тис. т умовного пального.

ВАТ «Юждізельмаш» (р. Токмак, Запорізька обл.) випускає дизель-генератори, які можуть бути переобладнані під використання біогазу як моторного пального для каналізаційних станцій продуктивністю до 150 тис. $\text{м}^3/\text{доб}$.

Двигуни-генератори, що працюють на біогазі, потужністю 1000 кВт і вище, розроблені ВО «Завод ім. Малишева» (м. Харків) для станцій продуктивністю 150 тис. м³/доб. і вище.

Двигуни, створені на базі сучасного високоефективного вітчизняного двигуна типу 11ГД 100М, можуть працювати як на біогазі, так і на природному газі. Газовий електроагрегат є автоматизованою стаціонарною електроустановкою, працює як в автономному режимі, так і паралельно з енергомережею, відрізняється високою надійністю, паливною економічністю і підвищеним ресурсом, зручний в обслуговуванні, ремонті. Сучасне теплообмінне устаткування дозволяє високоефективно використовувати скидне тепло двигуна.

Таким чином, запропонований комплекс споруд з отримання і утилізації біогазу метантенків дозволяє вирішити проблему зниження енерговитрат при очищенні стічних вод за рахунок використання постійно поновлюваних нетрадиційних джерел енергії.

Розроблена технологія повної утилізації біологічною переробкою мулових осадів і госппобутових стоків (рис. 11.10) полягає у виробництві біогазу з подальшим каталітичним перетворенням його в рідкі та газові вуглеводневі продукти високого порядку (синтетичну нафту і замінник природного газу).

Лінія конверсії біогазу (рис. 11.11) складається з печі синтезу вуглеводнів, сорбційно-конденсаційного фільтру, теплообмінника і каталітичного реактора синтезу вуглеводнів з трубопроводами і допоміжними пристроями.

У печі синтезу вуглеводнів відбувається високотемпературне розщеплювання молекул біогазу з істотним підвищенням тиску, внаслідок чого синтезуються вуглеводні.

Далі неочищений вуглеводневий газ з печі синтезу поступає в сорбційно-конденсаційний фільтр для очищення і охолодження. Молекули води і вуглекислого газу, що залишилися, видаляються у вигляді дистиляту (синтетична нафта).

У наступному пристрої – теплообміннику – очищений і охолоджений вуглеводневий біогаз нагрівається до оптимальних температур каталізу.

У каталітичному реакторі синтезу вуглеводнів відбувається утворення вуглеводнів високого порядку в газовій (замінник природного

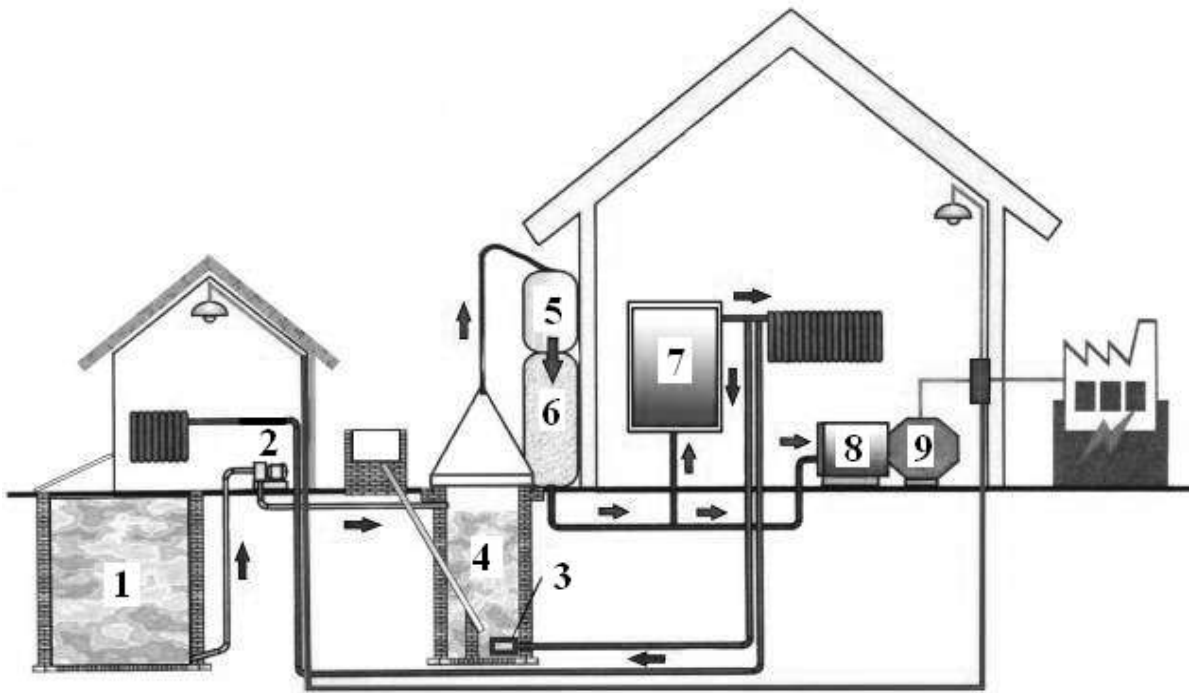


Рис. 11.10 - Комплекс ферментизації органічних відходів:

1 – ємкість для прийому органічних відходів; 2 – насос; 3 – біореактор; 4 – метантенк-ферментатор; 5 – повітрорудка; 6 – лінія конверсії біогазу у вуглеводні високого порядку; 7 – теплове газовикористовуюче устаткування; 8 – генеруюча установка; 9 – перерозподільна підстанція



Рис. 11.11 - Лінія перетворення біогазу в газову та рідку фракції вуглеводородів високого порядку

газу - ЗПГ) і рідкій (синтетична нафта) фракціях. Відмітною особливістю цього реактора є його безперервна саморегенеруюча функція, що полягає в тому, що вискодисперсний каталізатор з розвиненою поверхнею безперервно переміщується для запобігання утворенню окисної плівки, наявність якої знижує ефективність каталізатора.

Далі отриманий газ з вуглеводнів високого порядку (ЗПГ) після попереднього охолодження компримують в газгольдерах або в судинах низького або високого тиску (залежно від потреби). Рідкий дистилат з вуглеводнів високого порядку (синтетична нафта) накопичують в цистернах, і в міру необхідності здійснюють його ректифікацію на бензино-дизельні паливні продукти.

Контрольні запитання:

1. Назвіть основні напрями утилізації осадів стічних вод.
2. Як можна використовувати оброблені осаді стічних вод у сільському господарстві?
3. Які цінні продукти можна регенерувати з оброблених осадів стічних вод?
4. Які є технології використання перероблених осадів стічних вод при виробництві будівельних матеріалів?
5. Опишіть схему виробництва біоцементу.
6. Як пропонують реалізовувати виробництво адсорбентів з осадів муніципальних стічних вод?
7. Охарактеризуйте схему отримання активованого вугілля з активного мулу методом пароліза.
8. Дайте характеристику фізичним властивостям та складу біогазу, утворюваному при анаеробному збродженні осадів стічних вод.
9. Які основні напрями утилізації біогазу?
10. Які необхідні пристрої повинна мати біогазова установка для нормального функціонування?
11. Що таке «біоенергетика»?
12. Які основні будівлі та споруди повинні входити до складу систем використання біогазу в котельнях?
13. Які основні будівлі та споруди повинні входити до складу систем утилізації біогазу в газових двигунах внутрішнього згоряння з електрогенераторами (двигун-генераторах)?
14. Опишіть схему з підготовки біогазу для заправлення балонів.
15. Від чого залежить теплотворна здатність і кількість біогазу?
16. Які завдання дозволяє вирішити використання біогазу?

Розділ 4

ОБРОБКА ОСАДІВ ВОДОПРОВІДНИХ ОЧИСНИХ СТАНЦІЙ

Тема 12. ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ОСАДІВ ВОДОПРОВІДНИХ ОЧИСНИХ СТАНЦІЙ

Технологічними схемами роботи очисних споруд водопровідних станцій передбачена витрата води на власні потреби в кількості від 10 до 14% добової продуктивності станції. Ця кількість у вигляді промивних вод фільтрів або контактних освітлювачів (до 90% води, використовуваної на власні потреби станцій), а також осади, утворювані при очищенні води, скидають у водойми, що завдає відчутної шкоди навколишньому середовищу. Крім того, цінні компоненти, що викидають з осадом, могли б використовуватися в народному господарстві, оскільки вони містять велику кількість органіки й елементів мінерального походження.

Рядом дослідників, зокрема інститутом «УкркомунНДІпрогрес» (м. Харків), після проведення комплексу досліджень щодо обороту промивних вод фільтрів і підготовки осадів до використання в різних областях народного господарства, розроблена безстічна схема водопровідних очисних споруд. **Безстічною** називають таку схему водоочистки, при якій об'єм стоків або «хвостів», що скидають з основної технологічної схеми, зведений до нуля, або до таких величин, облік яких не проводять зважаючи на їх незначність.

За цією схемою промивні води фільтрів через піскоуловлювачі, резервуари-накопичувачі повертають в голову очисних споруд, а осад ущільнюють, обробляють флокулянтном і зневоднюють на фільтр-пресах. Фільтрат, що утворився в результаті зневоднення осадів, спрямовують до резервуара-накопичувача і спільно з промивними водами фільтрів подають також в голову очисних споруд. Зневоднений осад (кек) можна використовувати як компонент сировинної суміші для виробництва червоної цеглини замість глини або як добрива в лісових розплідниках і лісопосадках з метою підвищення родючості ґрунту. Таким чином, скидання у водоймища не проводять, що сприяє охороні навколишнього середовища.

При цьому збільшується навантаження на очисні споруди в середньому +на 6-9% (з них промивна вода 5,5-8%, декантат 0,5-1% і фільтрат 0,1-0,2%), що цілком прийнятно для ефективної їх роботи, оскільки при ступінчастій роботі насосів насосної станції 1 підйому коливання витрат води досягає 15% і вище. Збільшення «грязьового» навантаження на очисні споруди при поверненні промивної води складає 1-2%, що також цілком допустимо. Таким чином, оборот промивних стоків не викликає погіршення роботи станції в цілому і дозволяє заощадити значні кількості води, що витрачають на власні потреби.

Проведеними дослідженнями [27] було встановлено, що властивості осадів змінюються в дуже широких межах і залежать від мінерального складу і основних фізико-хімічних властивостей води, що поступає на очищення. Тому для кожних очисних споруд питання обробки і використання осадів вирішують окремо.

12.1. Класифікація джерел водопостачання за характером осадотворення

При двоступінчастій схемі очищення осади утворюються або в горизонтальних, або у вертикальних відстійниках і в освітлювачах із завислим осадом (в осадотримувачах). Якщо застосовують одноступінчасту схему очищення, осади утворюються при відстоюванні промивних вод контактних освітлювачів, швидких двопотокових фільтрів, префільтрів та ін. Способи обробки осадів з метою їх зневоднення різні та залежать як від якості води у вододжерелі, так і від схеми очищення води і типу та доз вживаних реагентів.

В Україні на переважній більшості очисних водопровідних станцій прийнята двоступінчаста схема очищення води з горизонтальними відстійниками й швидкими фільтрами, а як коагулянт застосовують сірчаноокислий алюміній $Al_2(SO_4)_3$.

За класифікацією домішок у воді, запропонованою акад. Л.А.Кульським [14] і прийнятою повсюдно в даний час, більшість водопровідних станцій очищають воду від завислих домішок I і II дисперсних груп: грубодисперсного і колоїдного ступеня дисперсності.

Основним технологічним показником водопровідних осадів, що

визначає вибір способу їх обробки, є їх водовіддаюча здатність, яку характеризують питомим опором фільтрації. Цей показник служить основним критерієм при класифікації осадів за характерними групами вододжерел з метою визначення способів їх підготовки і зневоднення. У табл. 12.1 представлені дані про якісні показники осадів 16 водопровідних станцій України за характерними групами вододжерел та їх фізико-хімічний склад.

У *першу групу* виділені осади, що мають найбільш високий питомий опір фільтрації $(800-1600) \cdot 10^{10}$ см/г, погано віддають воду при ущільненні й зневодненні.

Сюди віднесені осади станцій, водозабори яких розташовані на водосховищах Дніпра, що характеризуються малою каламутністю води (як правило, 3-5 мг/дм³) і середньою забарвленістю (35-120 град. пкш) в період цвітіння і масового розвитку синьо-зелених водоростей.

Органічна частина таких осадів складає близько половини (58-63%) від ваги їх сухої речовини і представлена переважно залишками водоростей. Для них характерний також підвищений (20-45%) вміст колоїдних гідроксидів. Незначна кількість мінеральних домішок у воді та висока її забарвленість, наявність органіки і колоїдів приводять до утворення рихлих з гелевидною структурою осадів, що містять структурно затиснену воду, яка важко звільняється при звичайних традиційних методах дії.

У *другу групу* об'єднані осади річок з малим (1-50 мг/дм³) вмістом суспензії, як правило, малою (до 35 град. пкш) забарвленістю води: Південний Буг, Тетерів, Рось. Сюди ж (за величиною питомого опору фільтрації) віднесені осади дніпровських станцій: Черкаської і Світловодської. Це пояснюється тим, що в районі водозаборів вказаних станцій забарвленість дніпровської води значно знижується при розбавленні її паводковими водами, оскільки Кременчуцьке водосховище є акумулятором паводкових вод цього району. У осадах спостерігається приблизно рівне співвідношення крупних і дрібних фракцій, кількість органічних речовин складає 35-45%. Вміст колоїдних гідроксидів від 10 до 26%. Величина питомого опору фільтрації таких осадів складає $(350-900) \cdot 10^{10}$ см/г.

Таблиця 12.1 – Класифікація осадів, що утворюються на водопровідних станціях, за групами вододжерел

Характеристика вододжерела		Характеристика осадів						
Класифікація вододжерела	Назва вододжерела	Дисперсність		Вміст органічних речовин, %	Вміст колоїдних гідроксидів, %	Рекомендована технологія обробки осадів		Питомий опір фільтрації, 10^{10} см/г
		Більше 10 мкм	Менше 10 мкм			підготовки	зведення	
1 група малокаламутні (до 50 мг/дм^3), середньокольорові (35-120 град.)	р. Дніпро м. Київ (Київське водосховище)	25-30	70-75	58-60	40-45	Ущільнення з добавками мінеральних присадок (глин)	На фільтр-пресах з попередньою термообробкою ($70-80^\circ\text{C}$)	840-1410
		40-45	55-60	60-63	20-25	Ущільнення з добавкою вапна	На фільтр-пресах з добавкою вапна	1280-1620
		25-30	70-75	55-60	30-35	Ущільнення з добавкою глини або вапна	На фільтр-пресах з добавкою вапна або з нагрівом	800-1600
2 група малокаламутні (до 50 мг/дм^3), малокольорові (до 35 град.)	р. Південний Буг м. Вінниця	45-50	50-55	35-40	10-12	Ущільнення з добавкою вапна	На фільтр-пресах з добавкою вапна	840-890
	р. Тетерів м. Житомир	50-52	45-55	35-41	11-14	Ущільнення з добавкою вапна	тех. добавкою вапна	450-580

Характеристика вододжерела		Характеристика осадів						
Класифікація вододжерела	Назва вододжерела	Дисперсність		Вміст органічних речовин, %	Вміст колоїдних гідроксидів, %	Рекомендована технологія обробки осадів		Питомий фільтрат, 10^{10} см/г
		Більше 10 мкм	Менше 10 мкм			підготовки	зведення	
	р. Дніпро м. Черкаси (Кременчуцьке водосх.) м. Світловодськ (Кременчуцьке водосх.)	50-55	40-55	40-55	22-26	Ущільнення з добавкою вапна	На фільтр-пресах з добавкою вапна	470-550
		48-50	38-44	47-52	16-18	Гравітаційне ущільнення	На фільтр-пресах з добавкою вапна	280-320
3 група середньої каламутності (50-250 мг/дм ³), малокольорові (до 35 град.)	р. Св. Донець м. Харків	60-65	35-40	16-30	1-5	Гравітаційне ущільнення	На фільтр-пресах з добавкою вапна або вторинних відходів хімівиробництва	100-180
	р. Дісна м. Київ	57-65	38-40	13-20	3-6	Гравітаційне ущільнення	На фільтр-пресах з добавкою вапна або вторинних відходів хімівиробництва	160-270
	р. Рось р. Біла Церква	55-60	40-45	15-22	2-5	Ущільнення глиною	На вакуум-фільтрах або фільтр-пресах	130-230

Характеристика вододжерела		Характеристика осадів						
Класифікація вододжерела	Назва вододжерела	Дисперсність		Вміст органічних речовин, %	Вміст колоїдних гідроксидів, %	Рекомендована технологія обробки осадів		Питома фільтративність, 10^{10} см/г
		Більше 10 мкм	Менше 10 мкм			підготовки	зведення	
4 група каламутні (понад 250 мг/дм ³), малокольорові (до 35 град.)	р. Дністер	70-75	25-35	5-10	< 1	Гравітаційне ущільнення	На вакуум-фільтрах або фільтр-пресах з добавкою вторинних реагентів	8-100
	м. Кишинів	60-70	30-35	4-7	сліди	Гравітаційне ущільнення	теж	3-100
	м. Чернівці	70-75	25-35	1-2	сліди	Гравітаційне ущільнення	теж	35-80
	р. Прут	70-75	25-30	6-11	1-3	Гравітаційне ущільнення	теж	60-70
	р. Унгени	70-80	25-30	10-12	1-5	Гравітаційне ущільнення	теж	90-150
	р. Альма, Салпер	60-65	30-35	5-9	1,5-2	Гравітаційне ущільнення	теж	40-96
	м. Ялта, Феодосія (Счастливинське водосх.)							
	р. Чорний							
	м. Севастополь (гірські річки Криму)							

У літньо-осінній період спостерігають зростання цього показника, обумовлене попаданням в джерело недостатньо очищених стоків овочеконсервних і цукрових заводів.

До *третьої групи* вододжерел віднесені річки Сів. Донець, Рось, Десна, що характеризують середньою каламутністю води ($50-250 \text{ мг/дм}^3$) і забарвленістю, що не перевищує 35 град. Не дивлячись на те, що більшість цих річок в районі водозаборів мають зарегульований стік, основний об'єм (до 60%) осаду утворюється при вказаних значеннях суспензії у воді внаслідок весняного і літньо-осінніх паводків. Осади, що утворюються при очищенні цих вод, мають значну кількість крупних включень, вміст органічних речовин в них не перевищує 30%, а колоїдних гідроксидів вони містять не більше 3-6%.

При ущільненні таких осадів спостерігають деформації їх структури, вони порівняно легко віддають воду, маючи при цьому невеликий питомий опір фільтрації $(100-170) \cdot 10^{10} \text{ см/г}$.

Четверта група вододжерел представлена річками, що беруть свій початок в горах, несуть в собі значну кількість крупнодисперсної суспензії, в середньому більше 250 мг/дм^3 . До них відносяться річки Криму, Дністер, Прут.

Осади, утворені в результаті очищення такої води, мають найбільш щільну структуру з незначним вмістом органіки. Питомий опір фільтрації таких осадів не перевищує $(10-160) \cdot 10^{10} \text{ см/г}$.

Структура осаду визначається, перш за все, гідродинамічними чинниками, до яких належать пористість осаду, розмір складових його твердих частинок і питома поверхня або сферичність цих частинок.

Розмір завислих речовин, що містяться в осаді, характеризується їх гідравлічною крупністю, яку графічно можна зобразити у вигляді інтегральних кривих. За характером розташування кривих на графіку завислі речовини, що містяться у воді, та колоїдні системи, що кількісно характеризуються величиною $n = a / b$ (де a і b – площі частин графіка, які лежать відповідно над і під кривою), можна умовно розділити на три види:

- $n > 1$ – завислі речовини з переважанням крупних частинок;
- $n = 1$ – завислі речовини з рівною кількістю дрібних і крупних частинок;

- $n < 1$ – завислі речовини з переважанням дрібних частинок.

На рис. 12.1 приведені інтегральні криві, побудовані шляхом обробки даних при різних концентраціях завислих речовин для річок, які виділені в групи: Дніпро, Південний Буг (1 група), Сів. Донець, Десна, Рось (2 група), Дністер, Прут'я і гірські річки Криму (3, 4 групи). Інтегральні криві 1 і 2 характеризують склад завислих речовин річок Сів. Донець, Десна, Рось, що відповідає умові $n = 1$, тобто у складі завислих речовин містяться рівні кількості частинок різної крупності. А інтегральні криві 3 і 4 характеризують гідравлічну крупність завислих речовин річок Дніпро і Південний Буг; у їх водах у складі завислих речовин переважають порівняно дрібні частинки.

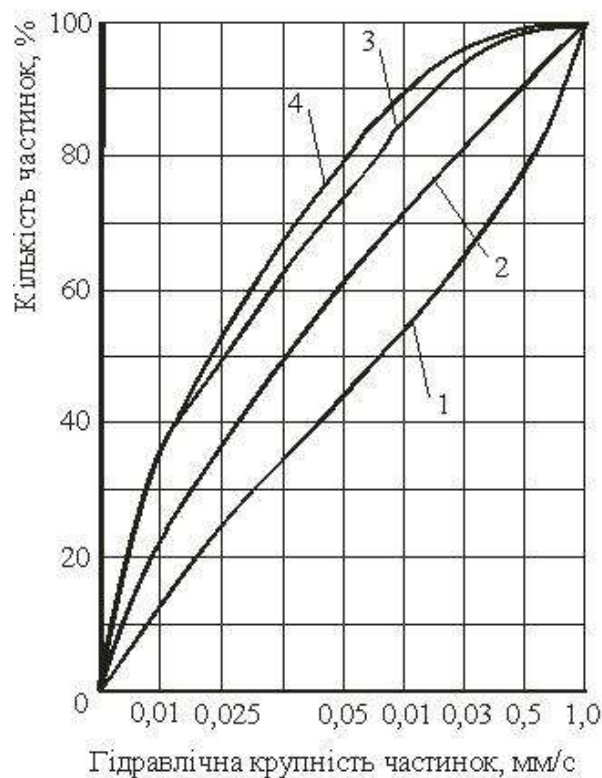


Рис. 12.1 – Інтегральні криві механічного складу завислих речовин річок України:

- 1, 2 – для річок Сів. Донець, Десна, Рось;
3, 4 – для річок Дніпро, Південний Буг

12.2. Технологія обробки осадів

Для обробки та механічного зневоднення осадів *1 групи* вибрана безстічна технологічна схема, приведена на рис. 12.2.

Осад, що затримують на водопровідній станції, з вихідною вологістю 99,0-99,5% спрямовують до вертикального мулозгущувача, в якому ущільнюють 24 години з добавкою вапна в кількості 20% від ваги сухої речовини осаду, або 20% глини – в період цвітіння води. Вологість ущільненого осаду – 96-98%.

Ущільнений осад спрямовують до резервуару готового осаду перед мехзневодненням. Для мехзневоднення додається вапно в кількості 20% від ваги сухої речовини осаду. При додаванні глини на ущільнення перед мехзневодненням осад нагрівають до 70-80°C. Осад зневоднюють на фільтр-пресах, тривалість фільтроциклу 15-17 хв. Кількість фільтр-пресів вибирають залежно від добової кількості осаду за сухою речовиною.

Далі зневоднений осад утилізують.

Для обробки осадів **2 групи** вододжерел запропонована безстічна технологічна схема, приведена на рис. 12.3.

Осад, що затримують у горизонтальних відстійниках з вологістю 99,2-99,5%, подають до мулозгущувачів, де ущільнюють з добавкою вапна в кількості 10% від ваги сухої речовини осаду протягом 24 годин або з добавкою 10% глини в період максимального цвітіння води. Вологість ущільненого осаду – 95-97%.

Кількість фільтр-пресів для механічного зневоднення осаду визначають залежно від об'єму осаду за сухою речовиною.

Зневоднений осад спрямовують для подальшої утилізації.

Осади **3 групи** вододжерел (зокрема осади Кочетокської водопровідної станції м. Харкова), що мають початкову вологість 97,5-98%, ущільнюють без внесення добавок протягом 18-24 годин до вологості 92,0-94,0% (рис. 12.4). Осад з мулозгущувача через бак готового осаду подають на мехзневоднення. При мехзневодненні здійснюють кондиціонування осадів вапном дозою 10-20%. При цьому продуктивність фільтр-пресів перевищує 20 кг/м²·год.

Кількість фільтр-пресів визначають залежно від об'єму осаду за сухою речовиною.

Осади **4 групи** (рис. 12.5) з вихідною вологістю 96-97,5% ущільнюють практично відразу, тобто за 8-12 годин до вологості 85-92% в резервуарі-ущільнювачі. Хоча ущільнення осаду досягають за такий

короткий час без застосування реагентних добавок, надмулова вода має високий вміст суспензії.

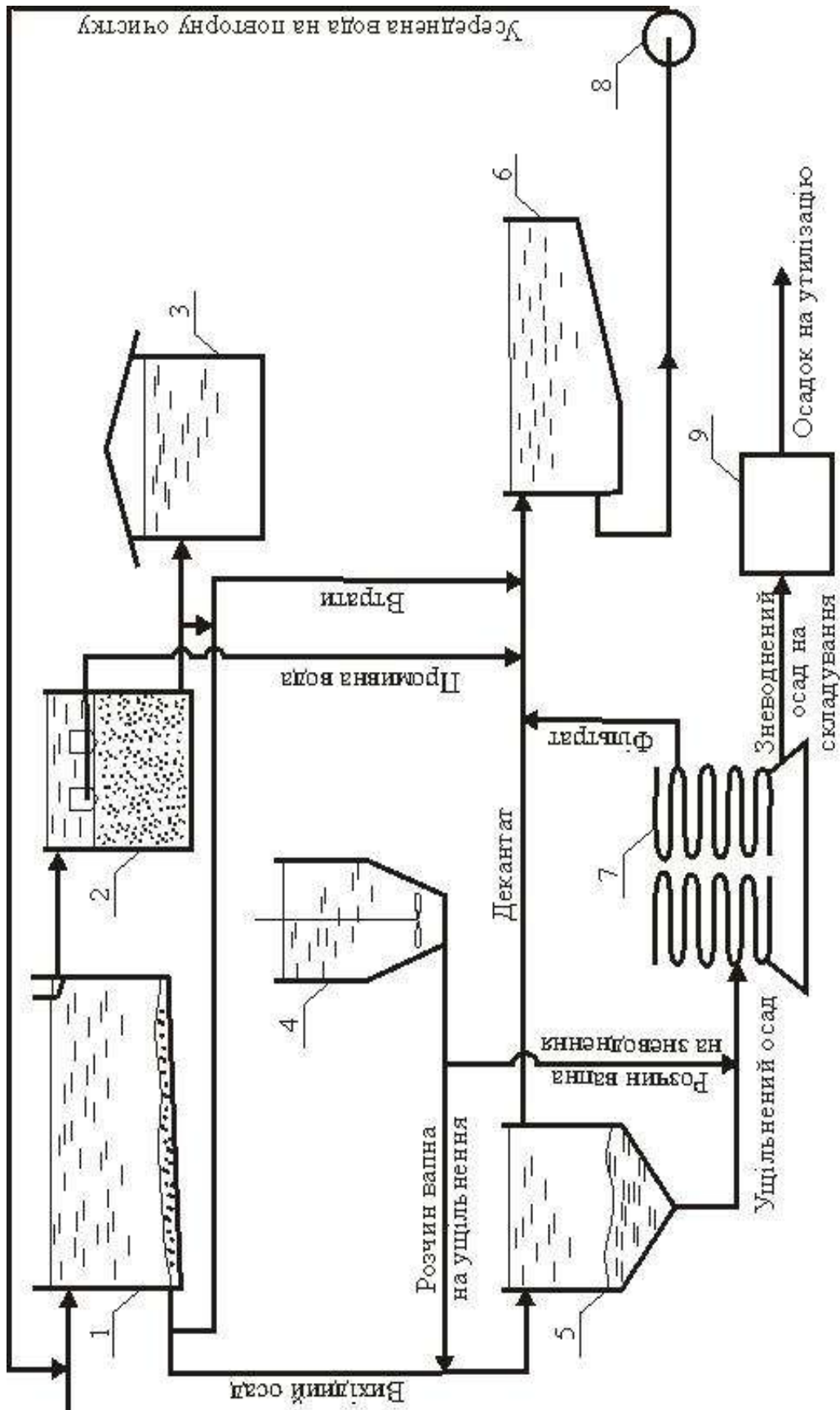


Рис. 12.2 – Рекомендована схема обробки осадів 1 групи вододжерел:

1 – горизонтальний відстійник; 2 – швидкий фільтр; 3 – РЧВ; 4 – ємкості для приготування вапняного молока; 5 – ущільнювач осаду; 6 – резервуар-ущільнювач промивної води; 7 – цех фільтр-пресів; 8 – насос перекачування усередненої води; 9 – територія для складування

Для отримання більшого освітлення надмулової води проводять добавку вапна при ущільненні в резервуарі-ущільнювачі дозою 2,5% за сухою речовиною у вигляді 10%-ної суспензії. Для цієї групи осадів добавка вапна незначна (до 6%).

Далі ущільнений осад з вологістю 85-92% подають на мехзневоднення, яке проводять на фільтр-пресах. Після зневоднення осад утилізують.

Для осадів 3 і 4 груп вододжерел можлива заміна вапна на вапновміщуючі відходи хімовиробництв із вмістом вапна 35-50%. Дія відходів хімовиробництв порівняна з дією товарного вапна. Величина продуктивності фільтр-пресу при дозі добавки 35% складає 9-10 кг/м²·год., що дає підставу судити про можливу взаємозамінюваність відходів.

У табл. 12.2 приведені основні технологічні параметри ущільнення осадів, а в табл. 12.3 – зневоднення осадів всіх чотирьох груп вододжерел.

Таблиця 12.2 - Основні технологічні параметри ущільнення осадів

Групи вододжерел	Параметри ущільнення				
	початкова вологість, %	реагент	кількість реагенту, %	час ущільнення, год.	вологість після ущільнення, %
1	99,0 - 99,5	глина	10 - 20	24	96 - 98
2	99,5 - 98,0	вапно	10 - 20	24	95 - 97
3	98,0 - 97,5	вапно	не більше 5	18 - 24	92 - 94
4	97,5 - 96,0	-	-	8 - 12	85 - 92

Таблиця 12.3 - Основні технологічні параметри зневоднення осадів

Групи вододжерел	Параметри ущільнення					
	тип устаткування	реагент	кількість реагента, %	вологість кека, %	тривалість, с.	продуктивність, кг/м ² ·год.
1	фільтр-прес	глина	нагрівання до 70 - 80°C	65 - 70	660 - 700	6 - 7
2	фільтр-прес	вапно	20 - 30	60 - 65	615 - 630	12 - 15
3	вакуум-фільтр	вапно	10 - 20	58 - 60	535 - 580	18 - 23
4	фільтр-прес	вапно	10 - 20	60 - 65	480 - 500	20 - 30
	вакуум-фільтр		5 - 10	52 - 55		22 - 28
	фільтр		5 - 10	55 - 60		35 - 45

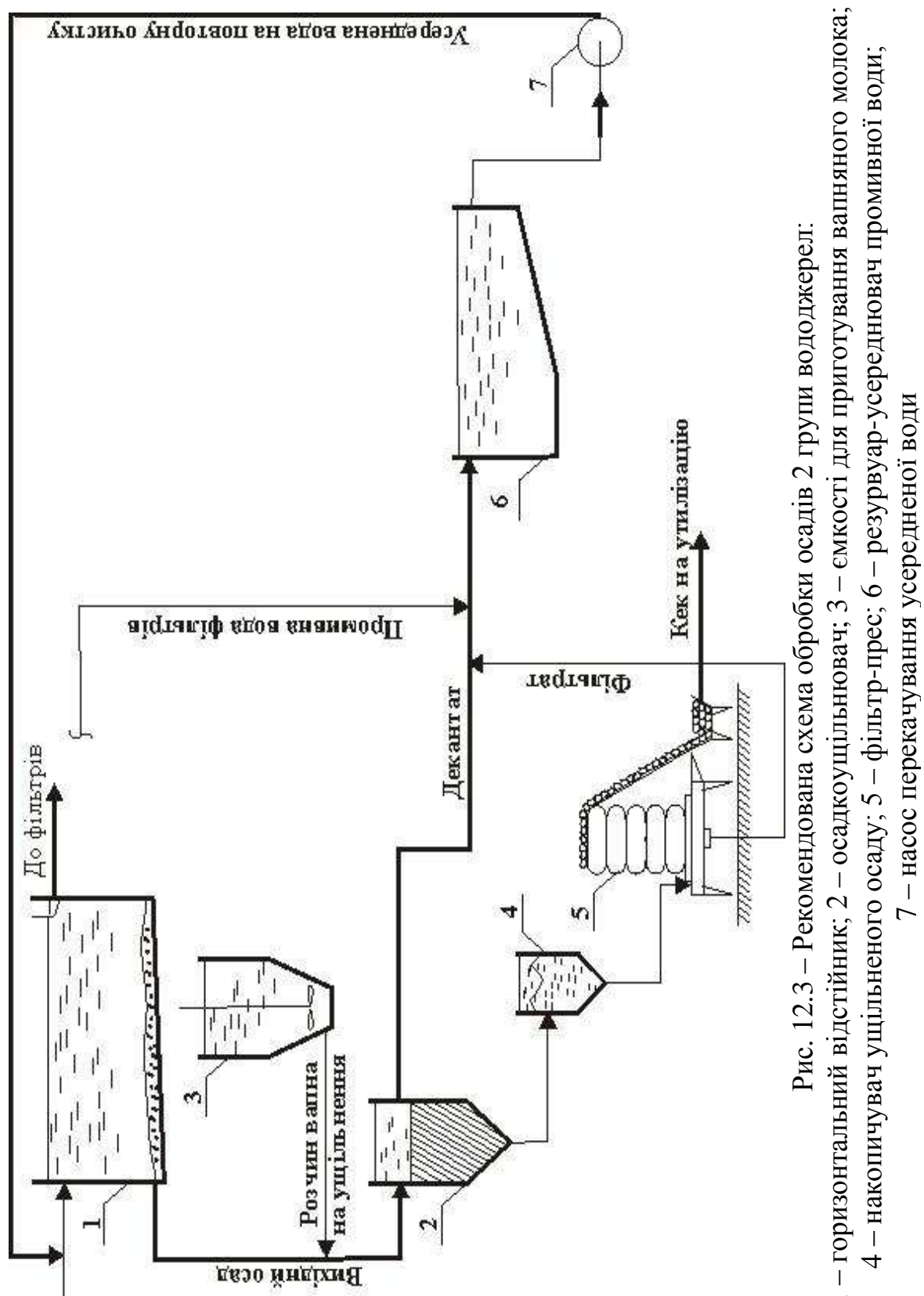


Рис. 12.3 – Рекомендована схема обробки осадів 2 групи вододжерел:

1 – горизонтальний відстійник; 2 – осадкоущільнювач; 3 – смкості для приготування вапняного молока;

4 – накопичувач ущільненого осаду; 5 – фільтр-прес; 6 – резервуар-усереднювач промивної води;

7 – насос перекачування усередненої води

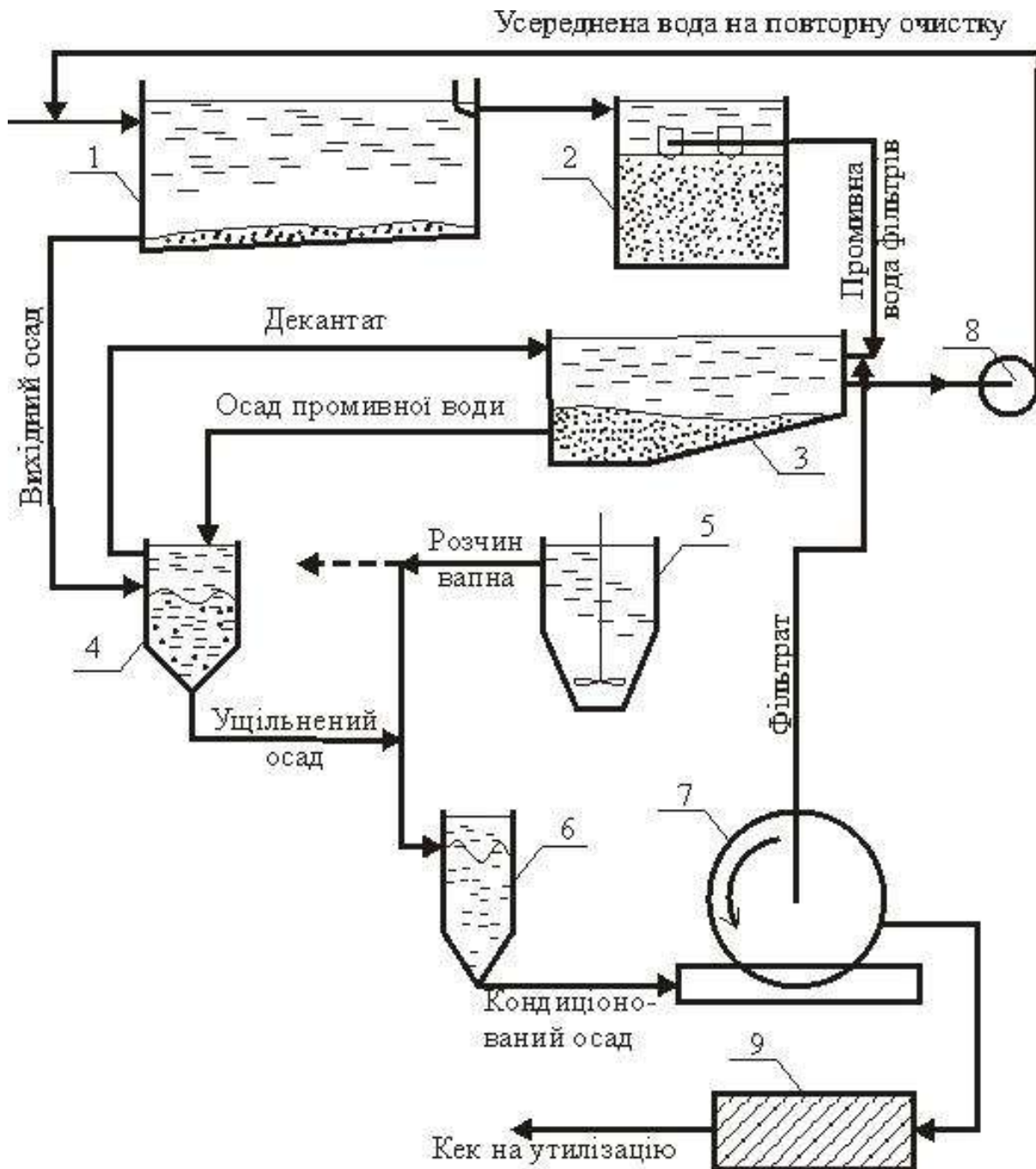


Рис. 12.4 – Рекомендована схема обробки осадів 3 групи вододжерел:

1 – горизонтальний відстійник; 2 – швидкий фільтр; 3 – резервуар-усереднювач промивної води; 4 – осадоущільнювач; 5 – ємкості для приготування вапняного молока; 6 – накопичувач ущільненого осаду; 7 – вакуум-фільтр; 8 – насос перекачування усередненої води; 9 – складування кека

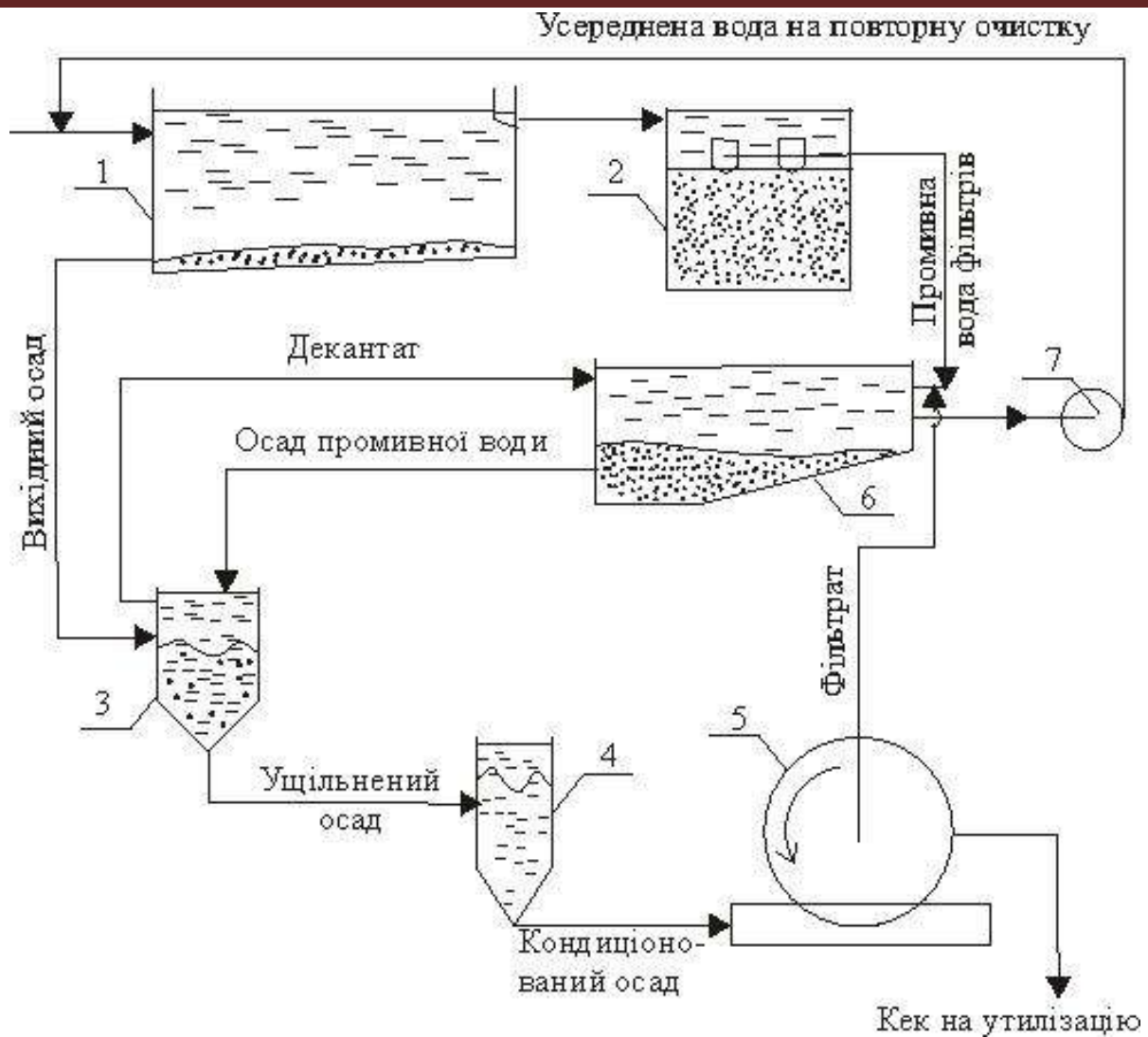


Рис. 12.5 – Рекомендована схема обробки осадів 4 групи вододжерел:
 1 – горизонтальний відстійник; 2 – швидкий фільтр; 3 – осадощільнювач;
 4 – накопичувач ущільненого осаду; 5 – вакуум-фільтр; 6 – резервуар-усереднювач; 7 – насос перекачування усередненої води

12.3. Утилізація осадів

Розроблені безстічні схеми роботи очисних споруд водопровідних станцій, що запобігають скиданню всіх «хвостових» вод і осадів в навколишнє середовище, здійснюють завдання створення безвідходних технологій.

Осади, що виходять при зневодненні, на водопровідних станціях можуть накопичуватися в значних кількостях. Зберігання таких кількостей осадів та їх складування, вивіз у відвали також забруднює навколишнє середовище і вимагає відчуження частини земель.

Разом з тим, осади, що накопичуються на станціях, є складною орґано-мінеральною сумішшю, містять ряд цінних елементів, яких потребують різні галузі народного господарства.

На підставі проведених інститутом «УкркомунНДІпроект» в співдружності з рядом інститутів і організацій м. Харкова досліджень встановлена можливість і практична доцільність утилізації осадів [23]. При рішенні питання про шляхи переробки та утилізації осаду кожної водопровідної станції велике значення мають його хіміко-мінералогічний склад і фізико-хімічні властивості.

Переважаючими мінеральними складовими більшості осадів вод середньої каламутності є глинисті мінерали – каолініт і монтморилоніт, в меншій кількості присутні гелевидні гідроксиди алюмінію, кремнію, заліза, а також гідрослюди, кварц і органічні включення. У ряді випадків осади малокаламутних високозабарвлених вод представлені в основному органічними речовинами.

Залежно від переважаючого складу і властивостей осаду тієї або іншої станції можуть бути вибрані різні шляхи їх утилізації.

Типові осади, ідентичні за складом природній глинистій або лесовидній сировині, доцільно використовувати як керамічну сировину, компоненти при виробництві різних будівельних матеріалів: цементів, бетонів, захисних покриттів та ін.

Осади з високим вмістом органічних складових, утворених при очищенні висококольорових малокаламутних вод, можна застосовувати в сільському господарстві як добрива і меліоранти, для отримання пористих заповнювачів і фільтруючих матеріалів.

Нижче приведені основні напрями утилізації осадів водопровідних очисних станцій, розроблені в інституті «УкркоммунНДІпроект» (м. Харків).

У цементній промисловості

В результаті випуску партії портландцементів на заводі інституту «Южгіпроцемент» встановлена можливість утилізації зневодненого осаду у складі цементних сировинних сумішей замість глинистого компоненту від 3 до 10%. Введення осаду в сировинну суміш збільшує вміст в клінкері

тріохкальцієвого алюмінату, підвищуючи міцність цементу на 30-50 кгс/см².

У металургії

На заводі «Азовсталь» проведені промислові експерименти із захисту футерування прибуткових надставок покриттям з осаду водопровідних станцій. Встановлено підвищення стійкості футерування на 20% при збереженні жаростійких протипригарних властивостей.

У промисловості будівельних матеріалів

Використання водопровідного осаду як опудрювача гранул при виробництві керамзиту дозволить підвищити якість і збільшити його випуск при тій же витраті сировини замість дорогих високовогнетривких опудрювачів (глинозему).

У сільському господарстві

До складу водопровідних осадів, що утворюються на очисних спорудах ряду станцій, входять сполуки азоту, фосфору, калію в досяжних для рослин формах. Це пояснюється тим, що в період дощів і паводків в річки з полів потрапляють змиті органо-мінеральні добрива, які затримують потім на очисних спорудах, адсорбовані осадами. Внесення водопровідних осадів до ґрунту в рідкому або сухому вигляді як добрив під посіви різних сільськогосподарських культур (кукурудзи, цукрового буряка, люцерни та ін.) сприяє підвищенню їх врожайності. Нешкідливість внесення осадів пояснюється відсутністю солей важких металів.

Осад може бути використаний на самій водопровідній станції з метою інтенсифікації процесу утворення пластівців і економії коагулянта. Так, на Дніпровському водопроводі м. Києва встановили, що доцільно додавати осад до початкової води в дозах 20-40 мг/дм³, а на Володимирському водопроводі – в дозах 150-200 мг/дм³, що дає економію до 30% коагулянта $Al_2(SO_4)_3$.

При *регенерації коагулянтів з осадів* водопровідних станцій вирішують одночасно проблему скорочення об'ємів осаду і коагулянта, що витрачають в процесі очищення води. Метод заснований на розчиненні продуктів гідролізу коагулянтів в кислотах, лугах або інших розчинниках. Регенований коагулянт складається в основному з розчинного у воді сірчаноокислого алюмінію, незначної кількості сульфату заліза та інших

сполук. Цим способом вдається повернути у виробництво до 80% відпрацьованого коагулянта і понизити об'єм осаду в 5-20 разів.

Відома кислотна обробка осадів (рис. 12.6) з метою регенерації з нього коагулянта на водопровідній станції Орлі (Франція). За аналогічними схемами працюють з 1986 р. установки регенерації коагулянта на водопровідній станції м. Осака (Японія), в США, Великобританії та інших країнах. При кислотній обробці доза соляної кислоти складає 0,7-1,05 кг/кг сухої речовини осаду, а сірчаної кислоти – 0,5-0,9 кг/кг осаду, що потребує влаштування складного реагентного господарства із шкідливими умовами праці, підвищення собівартості очищення води і екологічне забруднення вододжерел при скиданні частково нейтралізованої води.

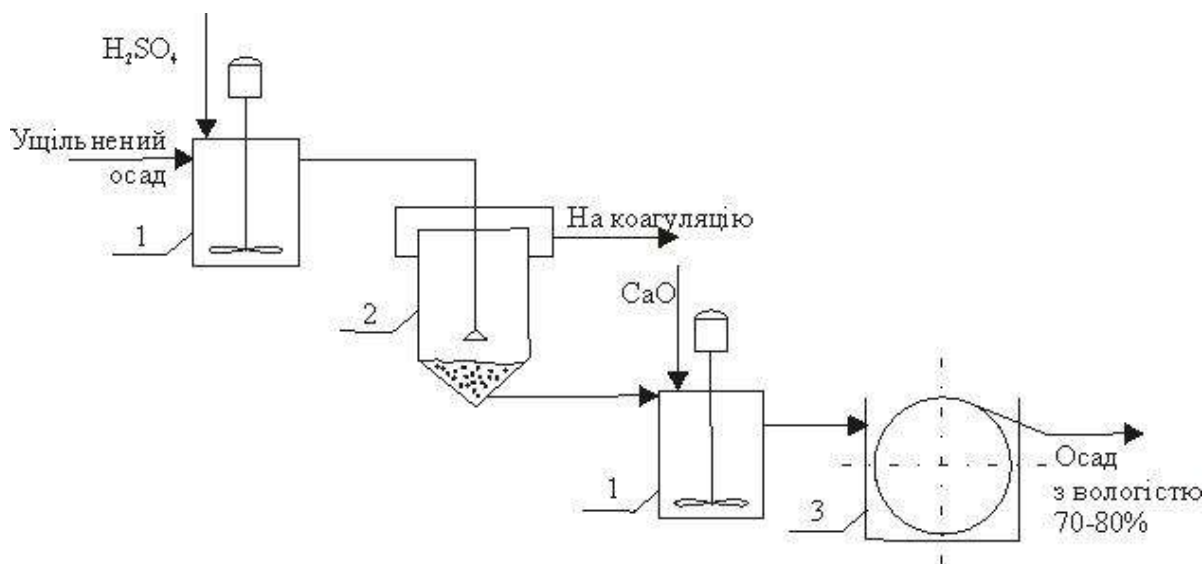


Рис. 12.6 – Технологічна схема кислотної обробки осадів:

1 – реактор з механічною мішалкою; 2 – відстійник; 3 – вакуум-фільтр

Регенерація коагулянта з осадів водопровідних станцій лугами має обмежене застосування, оскільки якщо при регенерації сірчаною кислотою кількість гідроокису алюмінію, яке вдається перевести в розчин при обробці осаду, досягає 75%, то найбільший ефект регенерації за допомогою надлишку розчину вапна складає 45-60%. Проте цей метод має і переваги: чистота реагенту і простота зневоднення осадів, утворюваних після процесу відновлення коагулянта.

Із-за високої вартості не вийшов за межі лабораторних досліджень метод регенерації осаду водопровідних станцій газоподібним хлором. Про його технологічну і економічну доцільність свідчить можливість 90-95%-

го витягання регенерованого коагулянта, що має властивості свіжоприготованого коагулянта сірчаноокислого алюмінію. Також при цьому немає необхідності попереднього хлорування.

Проводяться дослідження ефективності *передачі осадів водопровідних станцій на обробку спільно з осадими міських стічних вод*. При цьому розглядають варіанти:

- скидання осадів станцій очищення питних вод в міську каналізаційну мережу;
- перекачування їх на станцію очищення міських стічних вод;
- транспортування автотранспортом на установки для зневоднення і сушки осадів міських стічних вод.

Можливість застосування даного методу підтверджується наступним: початкова вологість водопровідних осадів складає 97,0-99,5%, а осадів міських стічних вод – 93,0-99,0%; втрати при прожаренні відповідно 25-50% і 20-60%; питомий опір фільтрації відповідно $(1,45-14,5) \cdot 10^4$ м/кг і $(0,6-10) \cdot 10^4$ м/кг, що свідчить про ідентичність основних фізико-хімічних характеристик водопровідних осадів і осадів міських стічних вод.

Основним завданням, що стоїть перед фахівцями, є зниження вологості осадів до значень, що забезпечують їх транспортування і подальшу утилізацію. Обидві категорії осадів характеризуються високим ступенем гідрофільності, вода в них знаходиться в зв'язаному і вільному станах.

Для обробки водопровідних осадів і осадів міських стічних вод застосовують відомі методи: обробка реагентами (коагулянти, флокулянти), механічне зневоднення (центрифуги, вакуум-фільтри, фільтр-преси, стрічкові преси), термічна дія, заморожування-відтавання, природна сушка [20].

Водопровідні осади практично повністю осідають в первинних відстійниках каналізаційних очисних споруд, підвищуючи зольність осадів міських стічних вод. При цьому, у разі використання водопровідних осадів, утворюваних при очищенні малокаламутних малозабарвлених вод, якість очищених стічних вод (за основними показниками) залишається без змін. У разі використання водопровідних осадів, утворюваних при

очищенні води середньої каламутності і середньої забарвленості, збільшується ефективність очищення стічних вод від фосфатів на 35-55%, декілька зростає ступінь видалення колоїдних і розчинених органічних забруднень. Водопровідні осади практично не впливають на концентрацію іонів важких металів, що містяться в каналізаційних осадах.

Скидання водопровідного осаду на очисні споруди каналізації повинне супроводжуватися перевіркою пропускної спроможності каналізаційних мереж і споруд на них. Крім того, слід передбачити безперервне видалення водопровідного осаду з відстійників і резервуарів-усереднювачів (для рівномірного скидання осаду протягом доби на каналізаційні очисні споруди) або регулювати їх поєднання. У всіх випадках необхідно прагнути до ідеальних умов подачі водопровідного осаду на очисні споруди каналізації, тобто підтримці постійної, середньої розрахункової дози водопровідного осаду в мг маси сухої речовини на 1 л стічних вод з урахуванням нерівномірності їх притоку.

Встановлено [17], що при проходженні водопровідного осаду каналізаційними мережами він не осідає в трубопроводах, якщо швидкість руху стічних вод дорівнює або вища самоочищуваної. Також відомо, що додавання водопровідного осаду до 100 мг/дм³ не вимагає змін або доповнень в схемі механічного або біологічного очищення стічних вод для таких споруд, як приймальна камера, решітки, піскоуловлювачі, первинні й вторинні відстійники, контактні резервуари.

На доцільність сумісної або роздільної обробки водопровідних осадів істотно впливає розміщення споруд з обробки водопровідних осадів і осадів міських стічних вод в масштабі міста з урахуванням об'ємів споруд, експлуатаційного персоналу, енерговитрат та інших статей витрат.

Остаточне рішення щодо вибору методів обробки водопровідних осадів або сумісної їх обробки з осадами міських стічних вод для конкретних умов ухвалюється тільки з урахуванням техніко-економічного порівняння варіантів за приведеними витратами.

З метою впровадження розроблених методів утилізації необхідно прискорити будівництво цехів механічного зневоднення осадів. Утилізація водопровідних осадів доповнює безстічну схему роботи очисних споруд, дозволяє запобігти їх скиданню в яри та водойми, сприяє збереженню

навколишнього середовища, забезпечує отримання значного народногосподарського ефекту.

Контрольні запитання:

1. Яку схему водоочистки називають безстічною?
2. Опишіть принципову безстічну схему водоочистки.
3. Які переваги має оборот промивних стоків?
4. Дайте класифікацію джерел водопостачання за характером осадоутворення.
5. Охарактеризуйте осади за характерними групами вододжерел України.
6. Опишіть методи обробки та мехзневоднення осадів 1 групи.
7. Опишіть методи обробки та мехзневоднення осадів 2 групи.
8. Опишіть методи обробки та мехзневоднення осадів 3 групи.
9. Опишіть методи обробки та мехзневоднення осадів 4 групи.
10. Які можуть бути застосовані методи утилізації осадів технологічних схем водоочистки?

Тестові завдання:

1. Від яких факторів залежать властивості осадів, утворюваних на водопровідних очисних станціях:
А) від мінерального складу і основних фізико-хімічних властивостей очищуваної води
Б) зовнішніх кліматичних факторів;
В) вибраних методів очищення води та складу споруд і обладнання;
Г) не має закономірностей.
2. Схему водоочистки, при якій об'єм стоків або «хвостів», що скидають з основної технологічної схеми, зведений до нуля, або до таких величин, облік яких не проводять зважаючи на їх незначність, називають:
А) замкненою;
Б) оборотною;
В) безстічною;
Г) маловитратною.
3. Який показник служить основним критерієм при класифікації осадів за характерними групами вододжерел з метою визначення способів їх підготовки і зневоднення:
А) хімічний склад;
Б) вміст завислих речовин;
В) питомий опір фільтрації;
Г) окислюваність.

РЕКОМЕНДОВАНИЙ СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Аграноник Р.Я. Технология обработки осадков сточных вод с применением центрифуг и ленточных фильтр-прессов / Р.Я.Аграноник. – М.: Стройиздат, 1985. – 145 с.
2. Алексеев В.И. Проектирование сооружений переработки и утилизации осадков сточных вод с использованием элементов компьютерных информационных технологий / В.И.Алексеев, Т.Е.Винокурова, Е.А. Пугачев. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 176 с.
3. Герасимов Г.Н. Обработка осадков сточных вод / Г.Н.Герасимов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. - № 12. – С. 67 – 71.
4. Гольдфарб Л.Л. Опыт утилизации осадков городских сточных вод в качестве удобрения / Л.Л.Гольдфарб, И.С.Туровский, С.А.Беляева. – М.: Стройиздат, 1983. - 59 с.
5. Гюнтер Л.И. Метантенки / Л.И.Гюнтер, Л.Л.Гольдфарб. – М.: Стройиздат, 1991. – 128 с.
6. Долина Л.Ф. Проектирование станций очистки сточных вод населенного пункта / Л.Ф.Долина. – Днепропетровск: ДИИТ, 2002. – 144 с.
7. Дрозд Г.Я. Вовлечение депонированных осадков сточных вод в хозяйственный оборот – эффективный способ повышения качества окружающей среды / Г.Я.Дрозд // Вестник ДНАСА: сб. научн. работ. – Макеевка: Изд. ДНАСА, 2010. – Вып. 2010-3(83). – С. 227 – 235.
8. Дрозд Г.Я. Технично-екологические записки по проблеме утилизации осадков городских и промышленных сточных вод / Г.Я.Дрозд, Н.И.Зотов, В.Н.Маслак. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 2001. – 340 с.
9. Епоян С.М. Водовідведення і очищення стічних вод міста: навч. посібник / С.М.Епоян, Г.М.Смірнова, І.В.Корінько, С.П.Пашкова. – Харків: Видавнича група «РА Каравела», 2003. – 144 с.
10. Кармазинов Ф.В. Сжигание осадков сточных вод – решение проблемы их утилизации / Ф.В.Кармазинов, Б.В.Васильев, Ж.Л.Григорьева // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. - № 9. – С. 19 – 25.
11. Использование нового метода обезвоживания осадков сточных вод / Ю.М.Мешенгиссер, Ю.В.Колесник, Д.Б.Зинченко и др. //

- Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. - № 4. – С. 55 – 59.
12. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод: навч. посібник / В.А.Ковальчук. – Рівне: ВАТ „Рівненська друкарня”, 2003. – 622 с.
13. Козловская С.Б. Комплекс сооружений по получению и утилизации биогаза на очистных сооружениях канализации / С.Б.Козловская // Сб. докладов международного конгресса «Экология, технология, экономика, водоснабжение, канализация». – Ялта, 1999. – С. 106 – 107.
14. Козловська С.Б. Обладнання анаеробного зброджування осадів стічних вод з метою отримання та утилізації біогазу на комунальних очисних спорудах водовідведення / С.Б.Козловська, К.Б.Сорокіна // Коммунальное хозяйство городов. Науч.-тех. сб. – К.: Техника, 2010. – Вып. 93. – С. 206 – 215.
15. Козловская С.Б. Энергосберегающая технология утилизации биогаза метантенков на городских очистных сооружениях канализации / С.Б.Козловская, Е.Б.Сорокина // Вестник Одесской государственной академии строительства и архитектуры. – Одесса: ОДАБА, 2005. – Вып. 19. – С.14 – 18.
16. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація / В.С.Кравченко. – К.: Кондор, 2003. – 288 с.
17. Кульский Л.А. Технология очистки природных вод / Л.А.Кульский, П.П.Строкач. – К.: Вища школа, 1986. – 352 с.
18. Ласков Ю.М. Примеры расчёта канализационных сооружений / Ю.М.Ласков, Ю.В.Воронов, В.И.Калицун. – М.: Стройиздат, 1987. - 255 с.
19. Лебухов В.И. Утилизация осадка очистных сооружений водоснабжения / В.И.Лебухов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2010. – № 1. – С. 28 – 31.
20. Любарский В.М. Осадки природных вод и методы их обработки / В.М.Любарский. – М.: Стройиздат, 1980. – 128 с.
21. Мамонтов Ю.Б. Интенсификация работы иловых площадок / Ю.Б.Мамонтов, А.В.Кравченко // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. - № 8. – С. 30 – 32.
22. Монгайт Л.И. Тепловая обработка осадков сточных вод / Л.И.Монгайт. – М.: Стройиздат, 1981. – 90 с.

23. Низкотемпературная сушка и возможности дальнейшего использования осадка сточных вод / М.Томала, И.Нойберт, И.М.Панова и др. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – №3, ч. 2. – С. 29 – 33.
24. Обезвоживание осадков сточных вод на очистных сооружениях Санкт-Петербурга / А.К.Кинебас, Б.В.Васильев, Ж.Л.Григорьева и др. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2010. - № 9. – С. 54 – 59.
25. Обработка и удаление осадков сточных вод. В 2-х т. – М.: Стройиздат, 1985. – 237 с., 248 с.
26. Обработка осадков природных и сточных вод: Сб. научных трудов. – М.: Изд-во ОНТИ АКХ, 1986. – 88 с.
27. Обработка осадков станций водоподготовки / С.В.Храменков, А.Н.Пахомов, Д.А.Данилович и др. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. - № 10. – С. 67 – 76.
28. Осадки водопроводных станций: извлечение и утилизация / Л.Я.Шевченко, Г.Я.Дрозд, Н.И.Зотов, В.Н.Маслак; за ред. Л.Я.Шевченко. – Луганск: Изд-во Луганского аграрного университета, 2004. – 220 с.
29. Перспективные технологии в области обработки осадков сточных вод / Д.А.Данилович, М.Н.Козлов, В.Е.Аджиенко и др. // Водоснабжение и санитарная техника. – 1996. - № 1. – С. 12 – 14.
30. Рекомендации для проектирования бессточных систем водопроводных очистных сооружений по характерным группам водоисточников Украинской ССР – РД 204 УССР 216-85. – Харьков, 1985. – 52 с.
31. Терещук А.И. Исследование и переработка осадков сточных вод / А.И.Терещук. – Львов: Вища школа, 1988. – 146 с.
32. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод / И.С.Туровский. – М.: Стройиздат, 1988. – 256 с.
33. Управление осадками сточных вод – важнейшая экологическая проблема // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – № 1. – С. 5 – 9.
34. Эпоян С.М. Методы интенсификации обезвоживания осадков городских сточных вод / С.М.Эпоян, Г.С.Пантелят // Водоснабжение и санитарная техника. – 1996. – № 9. – С. 22 – 23.

- 35.Эпоян С.М. Основные направления развития илового хозяйства на КБО «Безлюдовский» г. Харькова / С.М.Эпоян, Е.Б.Клейн, В.В.Булгаков, О.В.Степанов // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2005. – Вып 34. - с. 183 – 187.
- 36.Эпоян С.М. Совершенствование реагентной обработки осадков городских сточных вод / С.М.Эпоян, Е.Н.Орлова // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2009. – Вып 55. – С. 314 – 316.
- 37.Эпоян С.М. Современное оборудование для обезвоживания осадков городских сточных вод / С.М.Эпоян, Г.С.Пантелят, О.В.Степанов, Ю.И.Штонда // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2005. – Вып 35. - с. 213 – 216.
38. Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов / С.В.Яковлев, Ю.В.Воронов. - М.: АСВ, 2004. – 704 с.
39. Канализация населённых мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика / Н.И.Лихачев, И.И.Ларин, С.А.Хаскин и др.; под общ. Ред В.Н.Самохина. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
40. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: ЦИТП, 1986. – 72 с.
41. Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85. – М: Стройиздат, 1990. - 144 с.
42. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения: Справочник / Под ред. В.Д.Дмитриева, Б.Г.Мишукова. – Л.: Стройиздат, 1988. – 383 с.
43. Группа компаний "Экополимер" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecopolymer.com/>
44. Журнал «Водоснабжение и санитарная техника» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vstmag.ru/>
45. Компания «ЭКОТОН» – оборудование и технологии для очистки сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ekoton.com/>
46. Научно-инженерный центр «Потенциал-4» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://potential4.com.ua/>
47. Независимый научно-технический портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ntpo.com/>

48. Новосибирское научно-производственное экологическое объединение «НЕРОАЭРА» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.neroaera.com/>
49. ОАО «НИИ ВОДГЕО» ГНЦ РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.watergeo.ru/>
50. Системы канализации Топас (Topas) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.topas-eko.ru/>
51. Экология окружающей среды стран СНГ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecologylife.ru/>

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- А**
 Аерація 41
 Аеробний стабілізатор 41
 Активна реакція середовища 10
 Активний мул 16
 - надлишковий 30

Б
 Багаточеренева піч 133
 Барабанна піч 136
 Барабанна сушарка 124
 Барабанний вакуум-фільтр 92
 Безстічна система 193
 Біогаз 45, 57, 180
 Біогазова установка 181
 Біоенергетика 182
 Біотермічна обробка 117

В
 Вакуум-фільтр 92
 Вакуумна сушарка 129
 Вапно 77
 Випаровування рідини 87
 Виробництво
 - будівельних матеріалів 175
 - адсорбентів 177
 - добрив 173
 Властивості осадів 11
 Вода
 - вільна 11
 - колоїдно-зв'язана 11
 - гігроскопічна 11
 - мулова 30, 42, 80, 84
 - промивна 68
 Вологість осадів 11
 Ворушіння осаду 82

Г
 Газгольдер 67
 Гвинтовий віджимний прес 99

Д
 Двоярусний відстійник 41, 52
 Дегельмінтизація 46, 115
 Димові гази 135
 Добова доза завантаження 49
 - вертикальні 33

З
 Завод зі спалювання
 осаду стічних вод 142
 Зброджування 44
 Зневоднення осадів 21, 23, 87
 - природне 87
 - механічне 91
 - центрифугуванням 103
 - вакуум-фільтруванням 92
 - фільтр-пресуванням 96
 Знезараження осадів 115
 - нагріванням 115
 - хімічне 116
 - радіаційне 116
 - біотермічне 117
 Зольність осадів 12

К
 Кек 92
 Кількість осадів 14
 Коагулянти 77
 Конвективна сушка 123
 Кондиціонування осадів 21, 23, 76
 - хімічне 77
 - промиванням 76
 - безреагентне 76, 90
 Концентрація
 - об'ємна 11
 - масова 11
 Компостування 117

Л
 Ліквідація осадів 21, 23, 133

М
 Мезофільний режим 48
 Мембранно-камерний фільтр-прес 102
 Метанове зброджування 44
 Метантенк 41, 57
 Методи обробки осадів 21
 Мінералізація 44
 Мулові
 - площадки 87
 - ставки 91
 Мулозгущувачі
 - радіальні 33
 Стрічковий вакуум-фільтр 95

- термогравітаційні 34
- із мішалкою 34
- флотаційні 35

- Навантаження на камеру зброджування** 47
- Накопичувачі осадів** 145

- Осади**
 - первинні 7
 - вторинні 7
 - стічних вод 8, 14, 16
 - водопровідн. очисн. станцій 193
 - зброжені 17
 - ущільнені 30
- Освітлювач-перегнивач** 55

- Перемішування** 49, 59
- Питома маса твердої фази** 11
- Питомий опір фільтрації** 17, 92
- Піроліз** 178
- Пневматична сушарка** 127
- Промивання осадів** 76
- Психрофільний режим** 48

- Реактори з киплячим шаром** 138
- Регенерація**
 - цінних продуктів 178
 - коагулянтів 208
- Режим зброджування** 50

- Септик** 43, 50
- Стабілізація осадів** 21, 23, 41
 - аеробна 41
 - анаеробна 41, 44
 - аеробно-анаеробна 68
 - анаеробно-аеробна 68
- Ставок-накопичувач** 145
- Спалювання осадів** 133
- Сушарка із зустрічними струменями газосуспензії** 127
- Сушарка із рухомим шаром** 128
- Стрічкова сушарка** 125

- Стрічковий фільтр-прес** 97
- Сушка осадів** 123
- Схема обробки осадів** 151

- Тарілчастий сепаратор** 38
- Температурний режим** 48
- Температуропровідність осадів** 13
- Теплоємність осадів** 12
- Теплопровідність осадів** 13
- Термічна обробка осадів** 21, 123
- Термофільний режим** 48
- Токсичність осадів** 9
- Тривалість аерації** 42
- Тривалість зброджування** 48

- Утилізація**
 - осадів 21, 23, 170
 - біогазу 180
 - осадів водопровідних станцій 206
- Ущільнення осадів** 21, 23, 30
 - гравітаційне 32
 - флотаційне 34
 - відцентрове 38

- ФАБ-МІНІ** 82
- Фільтр-прес** 96
- Фільтрувальна тканина** 91
- Флокулянти** 77
- ФПАКМ** 100
- Фугат** 105
- Футерування** 136

- Хімічний склад осадів** 10, 14, 47, 170

- Центрифуга** 103

- Шлам** 8, 145
- Шламонакопичувач** 147
- Шламосховище** 147
- Шнековий зневоднювач** 98

- Щільність осадів** 11

Навчальне видання

**СОРОКІНА Катерина Борисівна,
КОЗЛОВСЬКА Світлана Борисівна**

ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*

Редактор *О. Н. Монтян*

Комп'ютерне верстання *Є. Г. Панова*

Дизайн обкладинки *Т. Є. Ключко*

Підп. до друку 24.04.2012 р.

Друк на ризографі

Зам. №

Формат 60x84 1/16

Ум. друк. арк. 8,2

Тираж 500 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК №4064 від 12.05.2011